Der

Hochjochferner im Jahre 1907

Seine Vermessung in den Jahren 1907 und 1908

Mit einer Karte des Ferners in 1:10000

von

Otto Gruber

Inauguraldissertation der philosophischen Fakultät Sekt. II
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Eingereicht am 29. November 1911

Der
Hochjochferner im Jahre 1907

Seine Vermessung in den Jahren 1907 und 1908

Mit einer Karte des Ferners in 1 : 10000

von

Otto Gruber

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Inauguraldissertation der philosophischen Fakultät Sekt. II
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Eingereicht am 29. November 1911

Druck von A. Hopfer, Burg b. M.

Sonderabdruck aus „Zeitschrift für Gletscherkunde". Band VII. 1912.

Der Hochjochferner im Jahre 1907.

Seine Vermessung in den Jahren 1907 und 1908.

Mit einer Karte des Ferners in 1 : 10000. (Tafel I.)

Von **Otto Gruber.**

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Ad. Blümcke unternommen und durch eine bedeutende Subvention des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines ermöglicht.

Bei der Feldarbeit waren mir die Herren Miloš R. v. Šrom, Hermann Suida und Wolfgang Gruber behilflich. Alfred Kernthaler, der inzwischen leider bei einer Schifahrt verunglückt ist, hat sich um die Aufstellung der Firnstangen bemüht und bei den Nachmessungen haben mich in den einzelnen Jahren die Herren Wolfgang Gruber, Dr. Otto Herrmann, Werner Seipel und Artur Wollny unterstützt.

Der Verfasser möchte an dieser Stelle allen, die durch ihre uneigennützige Mitarbeit zum Unternehmen beigetragen haben, seinen wärmsten Dank aussprechen, besonders aber Herrn Professor Dr. Ad. Blümcke, der ihm stets mit Rat und Tat zur Seite stand, und dem Hauptausschusse des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines, der durch seine Beihilfe die Grundlage schuf und die Herausgabe der Karte ermöglichte.

Einleitung. Das Rofental nimmt seinen Ursprung aus den beiden Tälern des Hochjoch- und Hintereisferners, die beide nur durch den verhältnismäßig niedrigen Rücken des oberen Berges getrennt sind. Der nördliche höhere, von der Weißkugel gegen die Wildspitze ziehende Kamm, und der südliche zwischen Kreuzspitze und Finailspitze lassen beide Ferner als Teile nur eines Tales erscheinen.

Trotz dieser nahen Nachbarschaft und der gemeinsamen Umgebung zeigen Hochjoch- und Hintereisferner schon rein äußerlich ein ganz verschiedenes Bild und diese Verschiedenheit kommt auch in ihrer Bewegung und ihrem Verhalten gegenüber Schwankungen zum

Ausdruck. Äußerlich schon erscheint der Hintereisferner als großer Eisstrom, der das Tal erfüllt und seine Zunge weit aus seinem Firnbecken herausstreckt, so daß grüne Alpwiesen sie umranden. Ganz verschieden der Hochjochferner! Der Gebirgskamm zwischen Kreuzspitze und Krahwand birgt in seiner Nordwestflanke eine Reihe gletschererfüllter Kare, die auf eine gemeinsame Terrasse münden. Während die Zungen der nordöstlichen dieser Kargletscher (bis zu dem vom Saikogel herabziehenden Grate) kaum den Rand dieser Terrasse durchschneiden, und nur in schneereichen Jahren perennierende Schneeflecken auf der Terrasse ihre Zungen verbinden, stürzen die Zungen der südwestlichen dieser Kargletscher über die Terrasse in gewaltigen Brüchen herab und vereinigen im Tale ihre Eismassen, die der obere Berg zum Hochjochferner aufstaut.

Durch diesen Ursprung aus Kargletschern und durch die Aufstauung von deren Zungen erhält der Hochjochferner sein charakteristisches Aussehen und aus diesem Umstande sind auch seine geringen Ausdehnungsschwankungen zu erklären. Diese ganz wesentlichen Unterschiede gegenüber dem benachbarten Hintereisferner lassen ein Studium des Hochjochferners wünschenswert erscheinen. Es war nun Aufgabe der vorliegenden Arbeit hierzu einen Teil beizutragen, nachdem schon die Herren Prof. Dr. Hans Heß und Stadtschulrat Dr. Georg Kerschensteiner im Jahre 1890 die Beobachtungen begonnen hatten[1]).

Nachdem bereits in dem Jahre 1893 von Prof. Dr. Ad. Blümcke und Prof. Dr. Hans Heß ein Kartenbild des Hochjochferners aufgenommen worden war[2]), sollte nun ein neues Kartenbild von dem Gebiete hergestellt werden in ähnlicher Weise, wie dies von Prof. Dr. S. Finsterwalder für den Vernagtferner[3]) und von Prof. Dr. Ad. Blümcke und Prof. Dr. H. Heß für den Hintereisferner[4]) bereits geschehen war; doch sollte die Karte sich nicht nur auf den Gletscher

[1]) Dr. Georg Kerschensteiner und Dr. Hans Hess, Die Vermessung des Hochjochferners. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines 1892, S. 17ff.

[2]) Dr. Ad. Blümcke und Dr. H. Heß, Der Hochjochferner im Jahre 1893. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines 1895, S. 16ff.

[3]) Wissenschaftliche Ergänzungshefte zur Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines, I. Band, 1. Heft, Der Vernagtferner. Von Dr. S. Finsterwalder, Graz 1897.

[4]) Wissenschaftliche Ergänzungshefte des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines, I. Band, 2. Heft, Untersuchungen am Hintereisferner. Von Dr. Ad. Blümcke und Dr. H. Heß, München 1899.

selbst und seine unmittelbare Umgebung beschränken, sondern auch den Abhang des oberen Berges bis zur Wasserscheide umfassen. Auf diesem Wege hoffte der Verfasser ein Bild des Gletschers zu gewinnen, das für die Zukunft ausreichendes Vergleichsmaterial bietet, wollte aber gleichzeitig auch die Spuren früherer Vergletscherung festhalten.

Da die vorliegende Arbeit lediglich eine Fortsetzung der 1890 von H. Heß und G. Kerschensteiner begonnenen Arbeiten ist, glaubt der Verfasser unter Hinweis auf deren in der Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines in den Jahren 1892 und 1895 erfolgte Veröffentlichungen sich auf einen kurzen Auszug aus ihren Arbeiten und den von ihnen zusammengestellten früheren Beobachtungen beschränken zu dürfen. Außerdem wird der Verfasser einen Auszug geben aus den von Ad. Blümcke und H. Heß in den Berichten der Internationalen Gletscherkommission[1]) veröffentlichten Beobachtungen über den Rückzug des Hochjochferners, die durch bisher unveröffentlichte Beobachtungen von Herrn Prof. Dr. Ad. Blümcke ergänzt werden.

Arbeitsplan und Feldarbeit. Für die Herstellung einer neuen Karte lag es nahe, das Netz der im Jahre 1893 von Ad. Blümcke und H. Heß durchgeführten Aufnahme sowie die angrenzenden Punkte des mit diesem Netz zusammenhängenden Netzes der Hintereisfernerkarte zu übernehmen und lediglich durch die neuen Punkte: Hoch B, Nieder-Finail, Schwarzwand und Finailspitze zu ergänzen. Außerdem sollten die Punkte Kreuzkogelsteinmann und T neu bestimmt werden. Auf dieser Grundlage sollte dann das apere Zungengebiet tachymetrisch, das ganze übrige Gebiet photogrammetrisch aufgenommen werden.

Diesem Plane entsprechend wurde im Jahre 1907 verfahren. Die Winkelmessungen wurden mit einem kleinen Theodolit von Reiß in Liebenwerda ausgeführt, dessen Horizontalkreis 1′, dessen Vertikalkreis 30″ Teilung aufwies. Dieser Theodolit wurde auch zum Tachymetrieren verwendet. Als Meßlatte diente die von Prof. Finsterwalder auf Seite 25 der Publikation über den Vernagtferner beschriebene Distanzlatte. Ihre Länge wurde jedoch auf 3 m gekürzt, da Punkte über 300 m Entfernung wegen der damit verbundenen Unsicherheit ausgeschlossen sein sollten. Zum Photogrammetrieren wurde ein dem Deutschen und Österreichischen Alpenverein gehöriger

[1]) Commission international des glaciers: Les variations périodiques des glaciers, Extrait des Archives des sciences physiques et naturelles, Genève 1895—1905 und Zeitschrift für Gletscherkunde, Berlin 1906ff.

Apparat verwendet, der nach Angabe von Prof. Finsterwalder konstruiert ist. Der Apparat ist beschrieben in Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, II. Band, 6. Auflage (1904), Seite 798. Die von der Firma Kranseder in München gelieferten Silbereosinplatten zeigten ausnahmslos tadellose Beschaffenheit.

Die Arbeiten begannen am 17. Juli. Es wurden zunächst die Punkte des alten Netzes von 1893 aufgesucht, die Festlegung, welche durch in Stein gemeißelte Löcher und rote Farbe erfolgt war, aufgefrischt und die Signale, soweit sie aus 2 m langen Stangen mit daran gebundenen weiß-roten Fahnen bestanden hatten, erneut. Mit Ausnahme des Signales P konnten alle wieder aufgefunden werden. Dieses Signal ist durch Lawinen völlig zerstört worden und wurde durch ein günstiger gelegenes Signal ersetzt. Von den Steinmännern bedurfte keiner einer Erneuerung. Es wurden dann die Signale der Neupunkte aufgerichtet und durch Rückwärtseinschneiden an die alten Punkte angeschlossen. Diese Arbeiten erforderten 4 Tage.

An 8 Tagen wurde in 15 Stellungen tachymetriert. Hierbei wurden 361 Punkte bestimmt. Diese Punkte erstrecken sich zwar lediglich über das Zungengebiet; doch war die Begehung in der Nähe der Firngrenze schon sehr beschwerlich, da sich in den ebenen Teilen dort regelmäßig ein Schneeschlamm ansammelt, der für den Lattenträger eine sehr unangenehme Beigabe bedeutet.

Tachymetriert wurde in der Weise, daß einer von uns am Instrument die Ablesungen machte und den Lattenträger dirigierte, während der dritte die Aufschreibungen besorgte und die Punkte in eine Skizze im Maßstab 1 : 2500 eintrug. War eine Stellung erledigt, so wurden in der Skizze die Höhenlinien ungefähr eingezeichnet und das Gelände mit Leitlinien skizziert.

Photogrammetriert wurde an weiteren 8 Tagen, wobei in 27 Stellungen 111 Aufnahmen gemacht wurden. Diese photogrammetrischen Standpunkte liegen auf allen in das Gebiet irgendwie vorspringenden Punkten.

Die Arbeiten wurden am 9. August beendet. Sie waren von 4 Regentagen unterbrochen, die jedoch zum Entwickeln der Platten benützt werden konnten.

Die im Herbst 1907 vorgenommene Berechnung des Materials zeigte, daß die Genauigkeit des alten Netzes zu einer befriedigenden Bestimmung der Punkte nicht ausreichte. Der Verfasser beschloß deshalb das gesamte Netz im Sommer 1908 neu zu vermessen. Es war geplant aus den acht Signalen: Im hintern Eis, Krahwand,

Mittlere Guslarspitze, Hoch B, Nieder-Finail, T, Steinmann II und III im obern Berg ein Hauptnetz zu bilden und an dieses dann die übrigen Punkte anzuschließen. Um bei der Rechnung für die einzelnen Punkte des Hauptnetzes möglichst gleiches Gewicht zu erhalten, war für sie eine verschiedene Anzahl von Sätzen vorgesehen. In den Nebenpunkten sollte je ein Satz in doppelter Kreislage gemessen werden.

Diese Neuvermessung wurde am 8. Juli 1908 begonnen. Als Instrument diente ein Theodolit von Dennert und Pape in Altona, dessen Horizontal- und Vertikalkreis 20″ Teilung tragen.

Zunächst mußten wieder sämtliche Signale aufgesucht und mit neuen Fahnen versehen werden, was mit geteilten Kräften in 2 Tagen erledigt wurde. Sodann wurden die 25 Signale, mit Ausnahme der Signale Schwarzwandspitze, Finailspitze und Kreuzkogelsteinmann, die keinen festen Instrumentenstand gestatteten, aufgesucht und die gegenseitigen Richtungen gemessen, soweit sie zu sehen waren. Die Messungen wurden so ausgeführt, daß an den Punkten des Hauptnetzes zunächst die Richtungen nach den übrigen Punkten des Hauptnetzes in mehreren Sätzen bei verstelltem Horizontalkreis und in beiden Kreislagen gemessen wurden. Und zwar wurden gemessen auf der Mittleren Guslarspitze, T, Hoch B und Nieder-Finail je 4 Sätze mit je um 45° verstelltem Horizontalkreis, bei den Steinmännern II und III im oberen Berg je 5 Sätze mit je um 36° verstelltem Kreis, während auf Im hintern Eis, wo bei 4 Richtungen 6 Sätze beabsichtigt waren, die drei Winkel: Hoch B—Nieder-Finail, Nieder-Finail—Krahwand, Hoch B—Krahwand je sechsmal repetiert wurden. Nach diesen Messungen des Hauptnetzes wurden stets sämtliche sichtbaren Nebenpunkte anvisiert und die Richtungen in Teilsätzen in beiden Kreislagen gemessen, wobei der einzelne Teilsatz nicht mehr als 8 Richtungen umfaßte, darunter wenigstens eine nach einem der schon gemessenen Hauptpunkte. In den Nebenpunkten wurde bei einer größeren Zahl von Richtungen der Satz ebenfalls in Teilsätze zerlegt, wobei stets ein Hauptpunkt die Verbindung der Teilsätze herstellte.

Zu diesen Messungen waren 7 Arbeitstage erforderlich, während 8 Regentage die Arbeit in unliebsamer Weise verzögerten, so daß die Messungen erst am 24. Juli abgeschlossen werden konnten. Nach den Erfahrungen des Vorjahres wurden im Firngebiet die Schier als Verkehrsmittel versucht und mit großem Vorteil verwendet. Sie ermöglichten es auch Kamerad Kernthaler nach Abschluß der Messungen im Firngebiet 6 Stangen aufzustellen, die im Oktober anläßlich von

Nachmessungen auf dem Hintereisferner vom Verfasser gemessen wurden und deren Bewegung auch in den folgenden Jahren verfolgt wurde.

Koordinatensystem und Netzausgleichung. Die Messungen, Skizzen und Platten, welche die beiden Sommer ergeben hatten, wurden nun in folgender Weise für die Herstellung der Karte verwertet: Zunächst wurde an die Berechnung des Netzes gegangen, und zwar wurde zuerst das Hauptnetz vorgenommen. Nachdem sämtliche Richtungen auf ihre Signale zentriert worden waren, wurde das Material auf grobe Fehler geprüft. Dies geschah durch Bilden der Dreiecksschlüsse, wobei der mittlere Schlußfehler 18,26″ betrug und kein Dreiecksschluß zur Ausschaltung einer Richtung Anlaß gab. Ebenso wurden die Dreiecksschlüsse der übrigen Netzpunkte geprüft und hier mußten 5 Richtungen wegen grober Fehler ausgeschaltet werden.

Den nun folgenden Rechnungen wurde das gleiche Koordinatensystem wie den Karten des Vernagt- und Hintereisferners zugrunde gelegt. Es ist ein ebenes rechtwinkeliges System, das dem Tiroler Katastersystem angepaßt ist. Es hat als Y-Achse den in 5 Meilen (= 37 929,68 m) westlichem Abstand nach Süden gerichteten Parallelkreis zum Innsbrucker Meridian und als X-Achse jenen größten Kreis, der den Innsbrucker Meridian in 5 Meilen südlichem Abstand senkrecht schneidet. Die Y-Achse fällt deshalb nirgends mit dem Meridian zusammen. Für den Punkt X = 6000 m, Y = 15 000 m beträgt die Meridiankonvergenz 25′10″.

Die erste Ausgleichung des Hauptnetzes war gedacht als ein Zwangsanschluß an das Netz des Hintereisferners in den 5 Punkten: Im hintern Eis, Krahwand, Mittlere Guslarspitze, Steinmann II und III im oberen Berg. Die Koordinaten dieser Punkte wurden als fehlerfrei angenommen und daraus gemeinsam die Koordinaten der drei Punkte Hoch B, Nieder Finail und T nach Richtungen ausgeglichen. Die in dieser Weise erhaltene Ausgleichung befriedigte jedoch nicht. Es mußten darin im Hauptnetz von 50 Richtungen fünf eine Verbesserung um mehr als 40″, und weitere 9 Richtungen eine Verbesserung um mehr als 20″ erfahren. Der mittlere Richtungsfehler des Hauptnetzes betrug 33,36″. Ebenso zeigte der Anschluß der Nebenpunkte Richtungsverbesserungen, die mit der Messungsgenauigkeit unvereinbar waren. Ich sah mich dadurch veranlaßt, das Beobachtungsmaterial einer neuen Ausgleichung zu unterziehen, und zwar wurde der Zwangsanschluß an 6 Punkte aufgegeben und nur mehr die 3 Punkte als Grundlage übernommen, welche im Hintereisfernernetz als fehlerfrei angenommen waren. (Vgl. Fig. 1, Netzskizze.)

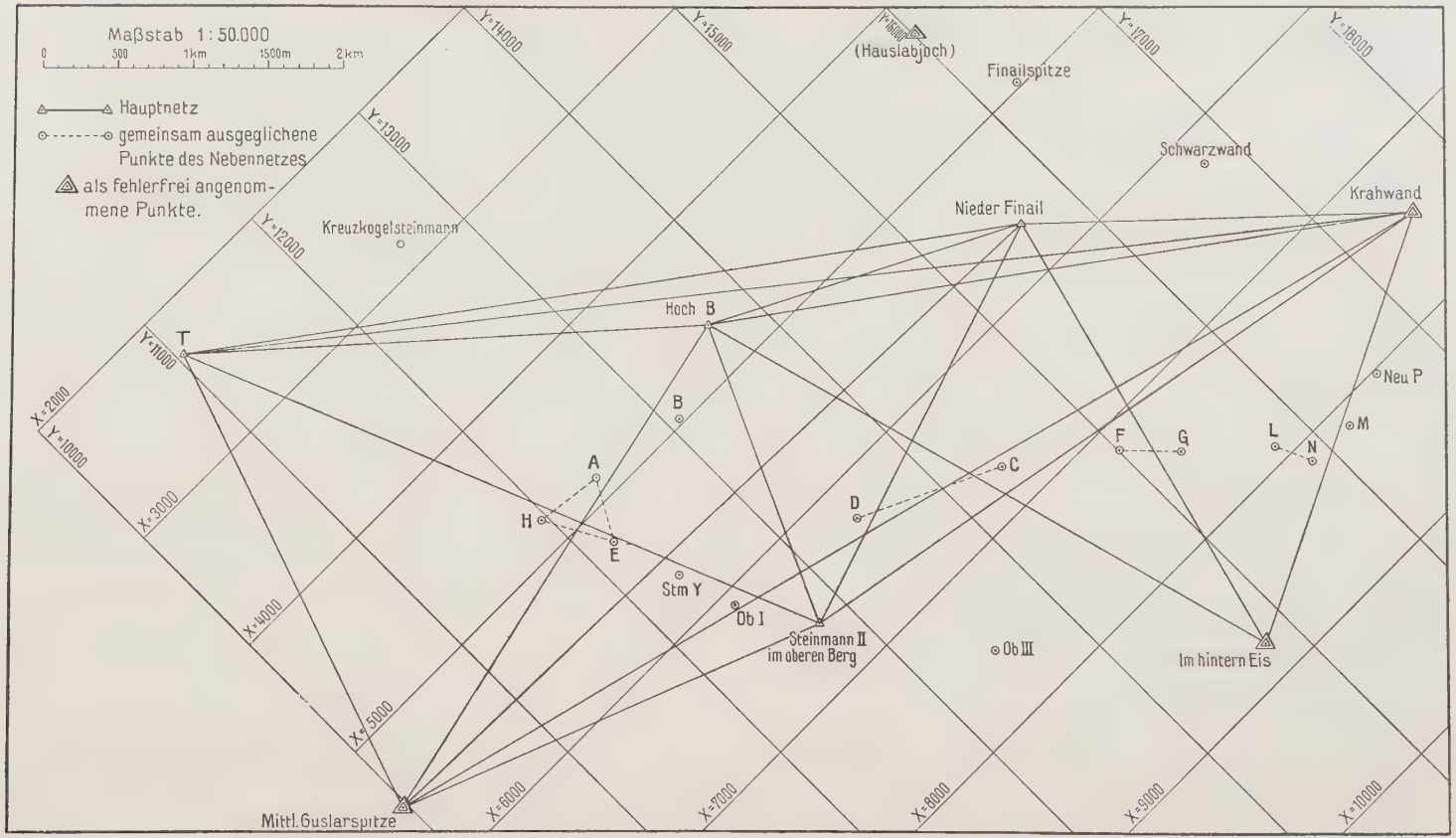

Fig 1. Netzskizze (vgl. Tabelle 2 und Text S. 6 u. 10).

Es sind dies: Im hintern Eis, Krahwand und Mittlere Guslarspitze.

Diese neue Ausgleichung ergab einen mittleren Richtungsfehler des Hausnetzes von 13,7″ (siehe auch Abriß S. 23). In diese letzte Ausgleichung wurde der Steinmann III im oberen Berg jedoch nicht einbezogen. Es geschah dies deshalb, weil er dem Steinmann II im oberen Berg ziemlich nahe liegt. Dabei sind von ihm aus nur Sichten nach denselben Hauptpunkten wie von Steinmann II aus möglich, ohne daß jedoch die beiden Steinmänner durch gegenseitige Sichten in Verbindung zu bringen wären. Ein weiterer Grund lag noch darin, daß Steinmann III sehr weit gegen den Hintereisferner hinübergerückt ist, so daß er vom Hochjochferner aus kaum zu sehen ist, und als Zielpunkt zur Bestimmung der Neusignale nicht in Betracht kam, während seine gemeinsame Ausgleichung mit den anderen Hauptpunkten die Rechenlast unverhältnismäßig erhöht hätte.

Die Ausgleichung wurde durchgeführt als eine Netzeinschaltung mit Koordinatenausgleichung (vgl. Jordan, Handb. d. Vermessungskunde I. Bd., 5. Aufl., § 107). Um für die einzelnen Punkte möglichst gleiche Richtungsgewichte zu erhalten, war bei der Aufstellung des Messungsplanes für die verschiedenen Punkte eine verschiedene Anzahl von Sätzen vorgesehen worden. Bei der Durchführung der Feldarbeit hatte es sich aber gezeigt, daß die beabsichtigten Sichten von Im hintern Eis nach T und von Krahwand nach Steinmann III nicht möglich waren. Außerdem war im ursprünglichen Plan Steinmann III als Hauptpunkt einbezogen worden, der aber bei der zweiten Ausgleichung weggelassen wurde. Die Mittelwerte aus den Sätzen an den einzelnen Punkten hatten so strenggenommen verschiedenes Gewicht. Zum Zweck einer glatten Rechnung wurde darauf jedoch bei der zweiten Ausgleichung keine Rücksicht mehr genommen, während das verschiedene Gewicht bei der ersten Ausgleichung berücksichtigt war. Ferner wurde auch für die Punkte Im hintern Eis, Krahwand und Mittlere Guslarspitze auf Einführung von besonderen Satzverschiebungsgrößen verzichtet im Anschluß an Jordan, Handb. d. Vermessungskunde I. Bd., 5. Aufl., § 94. Die Verschiedenwertigkeit der inneren und äußeren Richtungen nach den zu bestimmenden 4 Punkten Hoch B, Nieder Finail, Steinmann II im oberen Berg und T wurde vielmehr in der Weise berücksichtigt, daß die äußeren Richtungen bloß halbes Gewicht erhielten. Die Satzverschiebungsgrößen für die neuen Punkte wurden durch Mittelbildung eliminiert, so daß die endliche Ausgleichung in der Auflösung der 8 reduzierten Normalgleichungen für

die 8 Koordinatenverbesserungen bestand. Diese Rechnung wurde mit einer Brunsviga-Rechenmaschine ausgeführt.

Die Rechnung ergab die in Tabelle 2 (S. 24 u. 25) zusammengestellten Koordinaten. Die angegebenen Koordinatenfehler sind unter der Annahme der Fehlerfreiheit von Im hintern Eis, Krahwand und Mittlerer Guslarspitze gerechnet (vgl. auch Tab. 3).

Die Ausgleichung genügt jedenfalls für die Zwecke der Konstruktion einer Karte; doch darf sie noch nicht als endgiltig angenommen werden, denn aus dem angegebenen mittleren Dreiecksschlußfehler ergibt sich nach der von der internationalen Gradmessungskommission angenommenen Näherungsformel ein mittlerer Winkelfehler von 10,52″ vor der Ausgleichung. Aus dem mittleren Richtungsfehler von 13,7″ berechnet sich aber ein mittlerer Winkelfehler von 19,38″ nach der Ausgleichung. Dieser Wert zeigt, daß in der Ausgleichung noch ein Zwangsanschluß enthalten ist, der zu Bedenken Anlaß gibt. Es ist dies der Punkt Mittlere Guslarspitze.

Die Punkte Im hintern Eis und Krahwand sind trigonometrische Signale der Katastertriangulierung aus den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Der Punkt Mittlere Guslarspitze stammt aus der Vermessung des Vernagtferners. Diese basiert wieder auf den Katasterpunkten Krahwand, Glockturm (zwischen Kaunser- und Langtauferertal) und Thaleitspitze. Die Identität des letzten Punktes mit dem alten Katasterpunkt ist jedoch zweifelhaft. In diesem Dreieck beträgt ferner die größte Seitenlänge Thaleitspitze—Glockturm rund 18 km. Es sind Arbeiten im Gang, den Punkt an die neue Militärtriangulierung aus dem Jahre 1907 anzuschließen.

Durch eine Neubestimmung dieses Punktes wird also das Hochjochnetz noch eine weitere Verdrehung und Verzerrung gegenüber den Koordinaten der Militärtriangulierung (MT) erfahren.

Die Soldnerschen Koordinaten des k. u. k. militärgeographischen Institutes sind bezogen auf die Breite $\varphi = 47^0$ und die Länge $\lambda = 28^0$ ö. v. Ferro des Besselschen Ellipsoides. Nach der gegenwärtigen Ausgleichung ist die Verdrehung $180^0\,46'\,14{,}8''$ und der Logarithmus des Vergrößerungsverhältnisses $\frac{\text{Hochjochsystem}}{\text{MT}} = 0{,}0000418$.

Als Umrechnungsformeln zwischen den Koordinaten der Militärtriangulierung (X, Y) und denen des Hochjochsystemes (x, y) bestehen also die Beziehungen:

$$X = 42863{,}77 - [9{,}9999239]\ x + [8{,}1287664]\ y$$
$$Y = -7903{,}64 - [9{,}9999239]\ y - [8{,}1287664]\ x$$
$$x = 42757{,}19 - [9{,}9999974]\ X - [8{,}1288399]\ Y$$
$$y = -8480{,}26 - [9{,}9999974]\ Y + [8{,}1288399]\ X$$

Hierbei bedeuten die eingeklammerten Größen den Logarithmus des betreffenden Faktors.

An das Hauptnetz wurden die übrigen Punkte teils einzeln, teils in Gruppen angeschlossen. Die Rechnung wurde der Einfachheit halber stets so ausgeführt, als ob die angeschnittenen Punkte fehlerfrei wären und es sind auch die in der Tabelle angegebenen Koordinatenfehler in dieser Weise zu verstehen. Berechnet und ausgeglichen wurden der Reihe nach: Steinmann I im oberen Berg; Steinmann III im oberen Berg; gemeinsam C und D; dann B; gemeinsam A, E und H; gemeinsam F und G; dann Schwarzwand; Finailspitze; Kreuzkogelsteinmann; gemeinsam L und N; dann Neu P; M; als letzter wurde Steinmann Y an alle anderen angeschlossen, ein altes Signal, das nur gemessen wurde, weil es bei früheren Messungen mit Steinmann I im oberen Berg verwechselt worden war.

An die Ausgleichung der Horizontalkoordinaten schloß sich eine Ausgleichung der Höhenunterschiede. Diese geschah zunächst empirisch, weil die Höhenwinkelmessung eine unsichere ist. Die Gründe hierfür sind erstens objektiver Art, nämlich einmal die Schwierigkeit, das Instrument auf dem vielfach aus losen Gesteinstrümmern bestehenden Boden fest aufzustellen, dann die Unmöglichkeit, das Instrument auf exponiertem Gipfel genügend gegen Sonne, aber besonders gegen Wind schützen zu können; zweitens subjektiver Natur: Die meisten Punkte sind nämlich durch Stangen mit daran gebundenen Fahnen bezeichnet und es ist dem Auge zwar sehr leicht, einen Vertikalfaden mit der Stange zur Deckung zu bringen, aber wesentlich schwieriger bei der meist unruhigen Luft einen Horizontalfaden scharf auf die Spitze der Stange einzustellen, d. h. die Einstellungsfehler für die Höhenmessung sind wesentlich größer als für die Horizontalwinkelmessung.

Die empirische Ausgleichung des Hauptnetzes geschah in der Weise, daß zunächst der Einfluß der Refraktion und Erdkrümmung eliminiert wurde durch Mittelbildung aus den in beiden Richtungen gemessenen Höhenunterschieden. Die wirklichen Entfernungen sind infolge der Divergenz der projizierenden Lotlinien um 0,5 ‰ größer als die aus den Koordinaten berechneten und die Höhenunterschiede

hätten demnach im Hauptnetz eine Korrektur im Höchstbetrage von 15 cm erfordert. Diese ist jedoch bei der empirischen Ausgleichung unterblieben.

Als fehlerfreie Höhe wurde für die Höhenbestimmung die Höhe des Punktes Im hintern Eis mit 3269,60 m angenommen und daraus mit den ausgeglichenen Höhenunterschieden die Höhen der übrigen Punkte berechnet. Bei der empirischen Ausgleichung selbst wurde zuerst die Höhe des Punktes Krahwand bestimmt und dann auf möglichst vielen Wegen die Höhe der Mittleren Guslarspitze, hierauf die Höhen der übrigen Punkte. Der Punkt Im hintern Eis wurde deshalb dem Punkte Krahwand vorgezogen, weil er noch das ursprüngliche alte Signal trug, über das die MT ihre Pyramide aufgebaut hat, während der alte Steinmann auf Krahwand, auf den sich die mir von Herrn Prof. Dr. Blümcke übermittelten Höhen des Hintereisfernernetzes bezogen, anläßlich der MT weggeräumt worden war.

Die empirische Ausgleichung ergab einen mittleren Höhenfehler der Punkte des Hauptnetzes von ± 0,55 m und da dieser mittlere Fehler übereinstimmte mit der Genauigkeit der Höhenausgleichung des Hintereisfernernetzes, wurden die so gewonnenen Höhen der weiteren Rechnung zugrunde gelegt. Es wurden daraus die Höhen der übrigen trigonometrischen Punkte gerechnet, und zwar durch einfache Mittelbildung aus den verschiedenen Einzelbestimmungen. Die in der Tabelle 2 den Koordinaten in Klammern beigefügten Zahlen geben den mittleren Fehler jedes Punktes an, wenn man die empirischen Höhen des Hauptnetzes als fehlerfrei betrachtet. Diese Höhen sind der ganzen Konstruktion zugrunde gelegt.

Ein Vergleich zwischen den Koordinaten des Hochjochnetzes und des Hintereisnetzes zeigt, daß die Höhen an der Berührung der Zungengebiete um 2 m differieren, ein Betrag der nach Anbringen der Korrektur wegen der Divergenz der Lotlinien in einigen Punkten noch vergrößert würde. Wegen dieser Differenz habe ich nachträglich die Höhen des Hauptnetzes einer neuen systematischen Ausgleichung unterzogen (Tabelle 4 S. 27). Dies geschah, indem aus den Schlußfehlern der 12 unabhängigen Dreiecke die Fehlergleichungen aufgestellt und nach der Methode der vermittelnden Beobachtungen ausgeglichen wurden. Diese 12 Dreiecke sind: Ihe, Kw, Hb; Ihe, Hb, Nf; Kw, Nf, T; Kw, Hb, T; Kw, Nf, Ob II; Kw, Mg, Hb; Kw, Mg, Nf; Kw, Hb, Nf; Mg, T, Ob II; Mg, Hb, Ob II; Mg, Hb, T; Nf, T, Ob II. Ihr mittlerer Schlußfehler ist ± 0,30 m. Die Verbesserungen für die 18 Höhenunterschiede wurden durch die Verbesserungen für die sechs

Höhenunterschiede: Ihe Kw, Kw Mg, Kw Hb, Hb Ob II, Nf T, T Ob II ausgedrückt und ergaben so das vollständige System der Fehlergleichungen. Hieraus wurden die Normalgleichungen gebildet, wobei jeder gemessene Höhenunterschied ein Gewicht umgekehrt proportional dem Quadrate der zugehörigen Entfernung erhielt. Ihre Auflösung ergab zunächst 6 Verbesserungen und die Auflösung der Fehlergleichungen die übrigen.

Aus der Ausgleichung ergibt sich der mittlere Fehler einer Doppelmessung zu ± 0,256 m, ein Resultat, das genau übereinstimmt mit dem Resultat der Höhenausgleichung des Vernagtnetzes (siehe Vernagtferner S. 34). Der mittlere Fehler der Doppelmessung auf 1 km ist 0,093 m. Da die Zahl der Doppelmessungen die Zahl der zu bestimmenden Punkte dreimal übertrifft, ergibt sich für die Höhe des einzelnen Punktes ein mittlerer Fehler von

$$0{,}256 \sqrt{\tfrac{2}{3}} = \pm\, 0{,}21 \text{ m}.$$

Im Koordinatenverzeichnis (Tab. 2) stehen die durch die systematische Ausgleichung gewonnenen Höhen des Hauptnetzes an erster Stelle, während die durch die empirische Ausgleichung gewonnenen in Klammern beigefügt sind. Die Änderung der Höhen ist eine so geringe, daß sie für die Konstruktion der Karte ohne Belang ist.

Die Differenz der Höhe der Mittleren Guslarspitze gegenüber der Höhe aus dem Hintereisnetz ist nach der Ausgleichung zwar um 3 dm geringer geworden, erreicht aber immer noch einen Betrag von 1,85 m. Außerdem besteht zwischen der ausgeglichenen Höhe von Krahwand und der Höhe des Hintereisfernernetzes für diesen Punkt eine Differenz von 7 dm.

Eine Erklärung für diese Unterschiede ist zurzeit nicht möglich; es ist aber zu hoffen, daß die vom Verfasser in Angriff genommenen Arbeiten zum Anschluß des Punktes Mittlere Guslarspitze an die Militärtriangulierung diese Differenz beseitigen werden.

Konstruktion der Karte. An die Berechnung des Netzes schloß sich die Berechnung der 15 Standpunkte, von denen aus tachymetriert worden war, und die Reduktion der tachymetrisch gemessenen Punkte nach Entfernung und Höhe.

Hierauf wurden die Koordinaten der 27 photogrammetrischen Standpunkte gerechnet, nachdem die Stellungen des Vertikalschiebers mit den Höhenwinkeln des Theodolites in den Stellungen: Im hinteren Eis, Nieder Finail, B und N verglichen worden waren. In diesen

Stellungen wurden nämlich Messungen mit Theodolit und Photogrammeter ausgeführt.

Sodann wurden die an den einzelnen Platten anzubringenden Korrekturen ermittelt, nachdem jede Platte zwischen den mittleren Horizontal- und Vertikalmarken mit einer Nadel ein feines Linienkreuz erhalten hatte, und zwar wurde zunächst die Lage des Horizontes in bezug auf die Marken kontrolliert. Dies geschah dadurch, daß die Ausmessung von auf 16 Platten sichtbaren Signalen mit den aus Winkelmessungen berechneten Plattenkoordinaten verglichen wurden. Es zeigte sich, daß die früher bestimmten Konstanten keine Veränderung erfahren hatten; ebenso konnte aus 3 Platten, auf denen je 3 Signale zu erkennen waren, Bildweite und Lage der Hauptvertikalen kontrolliert werden. Beide stimmten mit den früher gefundenen Werten überein. Ferner wurden die Horizontalanschlüsse von zehn Platten geprüft, von denen je zwei vom gleichen Standpunkt aus ein gleiches Signal zeigten. Die den Platten entnommenen Horizontalwinkel differierten im Maximum um 4′, ein Betrag, der einer Strecke von 0,2 mm auf der Platte entspricht, also im Bereiche der zulässigen Messungsfehler liegt.

Aus 76 Messungen wurde ferner die Lage des Fernrohrzielpunktes zur Mittellinie des Rahmens bestimmt, da es sich gezeigt hatte, daß der Träger des Okulares verstellt worden war, also die bei Anschaffung des Instrumentes bestimmte Konstante nicht mehr zutreffend war.

Nach allen diesen Berechnungen wurde zur Zeichnung der Karte geschritten. Zeichnung und Konstruktion der Karte fanden auf zwei getrennten Blättern statt. Hierfür wurden entsprechend den von Prof. Dr. H. Hess anläßlich der Konstruktion der Hintereisfernerkarte gemachten Erfahrungen zwei Kartons aus dem k. bayr. Katasterbureau verwendet, die mit dessen Teilmaschine mit einem Dezimeternetz versehen wurden.

Auf dem einen Karton wurden sämtliche Signale und trigonometrisch bestimmten Punkte eingetragen, während der andere lediglich zur photogrammetrischen Konstruktion verwendet wurde, und daher auf ihm auch nur die photogrammetrischen Standpunkte sowie in doppelter Bildweite die Horizontalprojektionen der Platten eingetragen wurden. Die doppelte Bildweite wurde gewählt, weil die Genauigkeit des Messens wesentlich größer ist als die des Zeichnens, also der Meßgenauigkeit mit dem doppelten Maßstab besser Rechnung getragen wurde. In das eigentliche Kartenblatt wurden zuerst alle tachymetrisch aufgenommenen Punkte eingetragen und mit Unterstützung

der Feldskizzen zwischen ihnen die Höhenkurven konstruiert. Sie ergaben das Bild der Zunge des Ferners. Dann folgte die Konstruktion der photogrammetrischen Punkte, deren jeder aus wenigstens 3 Platten konstruiert wurde.

Es wurden für die Karte verwendet:

67 trigonometrisch bestimmte Punkte,
361 tachymetrisch „ „
930 photogrammetrisch „ „

Zusammen 1358 Punkte. Außerdem wurden aus der Karte des Hintereisferners einige Punkte übergezeichnet. Sie sind in der Karte durch Einklammern der Höhenzahlen gekennzeichnet.

Zur Konstruktion der 930 photogrammetrischen Punkte wurden 3602 Richtungen verwendet, so daß jeder dieser Punkte 3,88 mal bestimmt ist. Die Höhen wurden mit dem Rechenschieber berechnet. Aus der Tabelle der Höhenfehler (Tabelle 5) der photogrammetrischen Messungen ergibt sich, daß der mittlere Fehler für 1000 m $\pm$ 0,77 m ist, was einem Winkelwerte von $\pm$ 2'40'' oder einem Messungsfehler auf der Platte von $\pm$ 0,12 bis $\pm$ 0,13 mm entspricht. Es ergibt sich ferner, daß der mittlere Fehler einer Richtung ist:

$$\sqrt{\frac{6430}{3602-930}} = \pm 1{,}55 \text{ m}.$$

Da bei einer mittleren Entfernung von 2029 m jeder Punkt 3,88 mal bestimmt ist, ergibt dies für jeden Punkt einen mittleren Höhenfehler von $\pm$ 0,79 m. Dabei sind die photogrammetrischen Standpunkte als fehlerfrei angenommen.

Bei Betrachten der Tabelle fällt auf, daß die mittleren Fehler für 1000 m gerechnet für kürzere Entfernungen außerordentlich groß sind und erst von etwa 2400 m an konstant bleiben. Andererseits ist der mittlere Fehler für eine Richtung bis etwa 2400 m konstant und nimmt erst dann zu.

Dieses eigentümliche Verhalten hat seinen Grund weniger in großen Höhenfehlern der photogrammetrischen Standpunkte, die auf nahe Entfernungen mehr zur Geltung kämen, als vielmehr in dem Umstand, daß bei der Bildung der Höhenzahlen der photogrammetrisch bestimmten Punkte die einzelnen Bestimmungen ohne Verleihung eines Gewichtes gemittelt wurden, also den kurzen Entfernungen kein größeres Gewicht gegeben wurde als den weiten. Die Berechtigung hierzu leitet sich daraus ab, daß einmal bei nahen Objekten und

steiler Visierlinie die Punktidentifizierung schwieriger ist, und dann, daß daher geringe Fehler in der Horizontalposition einen bedeutenden Einfluß auf die Höhe haben.

Verglichen mit dem Resultat der Karte des Vernagtferners zeigt sich, daß den photogrammetrischen Punkten infolge der größeren Anzahl überzähliger Bestimmungen zwar ein kleiner mittlerer Fehler zukommt; da aber „zur Beurteilung der photogrammetrischen Leistung es auch wichtig ist, den Zeitaufwand kennen zu lernen", mag bemerkt sein, daß dieser zum Gewinn an Genauigkeit in keinem Verhältnis steht, also eine Bestimmung aus lediglich 3 Strahlen wesentlich vorteilhafter ist als aus 4 und mehr. Wichtig ist nur, daß die 3 Strahlen aus möglichst verschiedener Richtung zusammentreffen.

Obwohl die Zahl der photogrammetrisch bestimmten Punkte im Verhältnis zur Ausdehnung des Gebietes eine ausreichende ist, läßt ihre Verwertbarkeit zur Konstruktion doch viel zu wünschen übrig, da es außerordentlich schwierig ist in ebenen Firnbecken, und besonders in schneereichen Jahren, auf Photographien genügend viele Punkte aufzufinden. So zeigt sowohl das Becken unter dem Hauslabjoch, wie das unter der Krahwand, ferner auch die ganze Fläche des Latschferners (zwischen Steinmann III und Im hinteren Eis gelegen) einen bedauerlichen Mangel an Punkten, während die Umrandung hier eine stattliche Zahl aufweist. Gerade Gebiete, deren Festlegung für die Beurteilung von Gletscherschwankungen wichtig ist, sind aus diesem Grunde schlecht bestimmt und für eine künftige Aufnahme wird tachymetrische Aufnahme auch im Firngebiet jeder anderen Art der Aufnahme vorzuziehen sein; denn selbst einige Firnstangen bilden nur einen dürftigen Ersatz für die auf photogrammetrischen Aufnahmen fehlenden Punkte. Durch Verwendung von Schiern läßt sich auch im weichsten Firnschnee ein fester Instrumentenstand erzielen, indem man drei Schier senkrecht zu den Stativbeinen mit den rückwärtigen Enden je etwa 1 m tief in den Schnee treibt (Fig. 2). Auch ist ein Lattenträger auf Schiern vor der Gefahr des Einbrechens in Spalten so gut wie sicher und kann sich mit genügender Geschwindigkeit bewegen. Diese Methode wurde von uns seit 1908 zum Rückwärtseinschneiden der Firnstangen verwendet.

Die photogrammetrische Konstruktion wurde jeweils nur für ein kleines Gebiet ausgeführt, sodann die Punkte in das Zeichnungsblatt übertragen und an der Hand der Bilder und Punkte Höhenlinien und Terrain skizziert. Eine Hilfskraft stand nicht zur Verfügung.

Gletscherbewegung. Zum Studium der besonderen Bewegungsverhältnisse des Hochjochferners wurden verschiedene Beobachtungen angestellt:

A. Im Firngebiet. Im Firngebiet wurden von meinem Kameraden Alfred Kernthaler im August 1908 sechs 5 bis 6 m lange Stangen aufgestellt, um an ihnen Bewegungs- und Niederschlagsverhältnisse beobachten zu können (Tabelle 6, S. 30). Stange I steht am Ausgang des Kares unter dem Hauslabjoch und ist für das Studium der dortigen Bewegung günstig gelegen. Weniger günstig ist die Stellung der Stangen II, III und IV, die die Verhältnisse der Ausflüsse aus dem Kar zwischen Sai- und Hauslabkogel und dem Kar unter dem Finailjoch zeigen sollten, aber etwas zu weit an den Rand gestellt wurden. Günstig steht dagegen wieder Stange V im Ausfluß aus den von Schwarzwand und Finailwand gebildeten Kessel. Sie steht in schneeärmeren Jahren allerdings schon unter der Firngrenze. Stange VI steht wieder sehr geeignet, um das Firnwachstum im Kar der Krahwand studieren zu lassen. Bewegung und Schneehöhe wurde seit 1908 in jedem Jahre einmal beobachtet, einmal auch zu Ostern die Winterschneehöhe bestimmt. Die Resultate sind in der beiliegenden Tabelle 6 zusammengestellt.

Bei Betrachtung der Geschwindigkeitstabelle (Tabelle 7, S. 31) fallen zwei Erscheinungen auf: Einmal die beinahe durchwegs größere Geschwindigkeit in der Periode 1909/10 und dann die Verlangsamung von Stange VI. Letztere hat ihre Ursache vermutlich darin, daß Stange VI von einer steileren Partie in eine wesentlich flachere kommt. Stange VI kommt daher für das Folgende nicht in Betracht. Auffallend bleibt also die allen übrigen Stangen gemeinsame Geschwindigkeitszunahme in der Zeit 1909/10 gegenüber 1908/1909. Für ihre Erklärung ist der Umstand zu beachten, daß die vorhergehende Beobachtung hauptsächlich die Wintergeschwindigkeit betrifft, während die folgende zwei Sommergeschwindigkeiten enthält. Diese beiden Perioden sind also untereinander nicht vergleichbar. Vergleichbarer hingegen sind die Perioden 1908/09 und 1910/11 und hier zeigen gerade die am stärksten bewegten Stangen I und V eine Geschwindigkeitszunahme, die man mit dem großen Firnwachstum in den Wintern 1908/09 und 1909/10 in Zusammenhang bringen könnte, wenn nicht beide Stangen sich anschickten, über Untergrundschwellen herabzugleiten und die Beobachtungszeit 1910/11 einen Sommermonat mehr umfassen würde als die 1908/09. Eine Entscheidung kann hier also erst eine weitere Beobachtung bringen.

Die Tabelle der Firnstangen (Tabelle 6) zeigt ferner, daß in den Jahren 1909 und 1910 die Firngrenze unterhalb der tiefsten Stange V (2950 m) gelegen hat, während sie 1911 noch weit über die beiden höchsten Stangen I und VI (3090 m) hinauf schnellte.

B. Auf der Jochhöhe. Im Jahre 1890 war von Hess und Kerschensteiner auf der Jochhöhe eine runde Steinlinie mit einem Radius von 100 m gelegt worden (Tabelle 8). Im Jahre 1907 aperten von ihr nur 3 Steine aus, ebenso blieb die Steinlinie während der folgenden Jahre noch oberhalb der Firngrenze und erst der heiße

Fig. 2. Tachymetrieren im Firn (Text S. 15).

Sommer 1911, der einem schneearmen Winter folgte, ließ mit seiner Verschiebung der Firngrenze diese Steinlinie wieder ausapern. Sie hat während der 21 Jahre eine bedeutende Verzerrung erfahren. Sie wurde in eine einer Ellipse ähnliche Figur verzogen, deren große, dem Ufer parallele Halbachse etwa 113 m und deren kleinere Halbachse etwa 92 m lang ist. Der Mittelpunkt hat gleichzeitig in Richtung auf das Ufer zu eine Verschiebung um etwa 22 m erfahren. Die durchschnittliche jährliche Geschwindigkeit beträgt also etwa 1,3 m.

Der Flächeninhalt der Steinlinie, der im Jahre 1890 3,14 ha betrug, hat inzwischen auf 3,25 ha zugenommen; doch müssen wir

diese Zunahme auch auf eine Bewegung der Steine auf der Eisoberfläche zurückführen. Tatsächlich hat ja der Vergleich der Bewegung von Steinlinien auf dem Hintereisferner mit der Bewegung von Stangen gezeigt, daß durch Tischbildung die Steine auf dem Eise sich bewegen. Der Oberflächenneigung entsprechend dürfen wir annehmen, daß gerade die dem oberen Berg näher gelegenen Steine eine größere Strecke auf dem Eis zurückgelegt haben, wie ja auch die großen Nummernplatten an dieser Stelle durchwegs 1—2 m außerhalb der Linie der kleinen Leitsteine lagen, während sie in dem oberen Gebiet in ihr lagen. Nimmt man die Unsicherheit der tachymetrischen Messung hinzu, so zeigt sich, daß die ganze Flächenvergrößerung, die einer Verschiebung der Nummernsteine um etwa 2 m entspricht, auch allein aus der Tischbildung erklärt werden kann. Es wäre günstig gewesen, wenn statt einer Steinlinie die Stelle durch eingebohrte Stangen umgrenzt worden wäre.

Während der Beobachtungszeit hat die Jochhöhe eine Erniedrigung erfahren. Im Jahre 1907 betrug die Höhe des Mittelpunktes der Steinlinie um etwa 14 m weniger als im Jahre 1890. Die Messung im Jahre 1911 zeigt eine weitere Abnahme der Höhe um etwa 3½ m, so daß die durchschnittliche jährliche Abnahme der Jochhöhe seit 1890 0,8 m ist.

C. Auf der Nordzunge. Auf der Nordzunge waren 1890 und 1893 zwei Steinlinien gelegt worden; die obere der beiden Linien wurde 1899 erneut (vgl. Fig. 3). Da der Verfasser irrtümlich glaubte, die alten Linien seien aufgegeben worden, wurden von diesen Linien nur wenige Steine gelegentlich des Tachymetrierens gemessen. Die Tabellen 9—12 geben eine Zusammenstellung der beobachteten Lagen der einzelnen Steinlinien und des Bohrloches. Einzelne Beobachtungen mußten daraus weggelassen werden, da sie nicht mehr ermittelbare Fehler enthalten. Tabelle 13 zeigt die Geschwindigkeitsabnahme an einer Stelle des Gletscherbettes. Die Abnahme ist nicht gleichförmig. Die geringere Abnahme während der Jahre 1903—1907 dürfte mit dem gleichzeitigen Wachstum der Kreuzferner in Zusammenhang zu bringen sein.

Vergleicht man die Höhe der Gletscheroberfläche in der Anfangslage der Steinlinie von 1893 mit der Höhe der Oberfläche an der gleichen Stelle im Jahre 1907, so ergibt sich eine Abnahme im Mittel um 21,9 m, also jährlich um 1,56 m.

Bemerkenswert ist auch, daß an dieser Stelle die Lage der Mittelmoräne um etwa 25 m seitlich gegen den oberen Berg verschoben

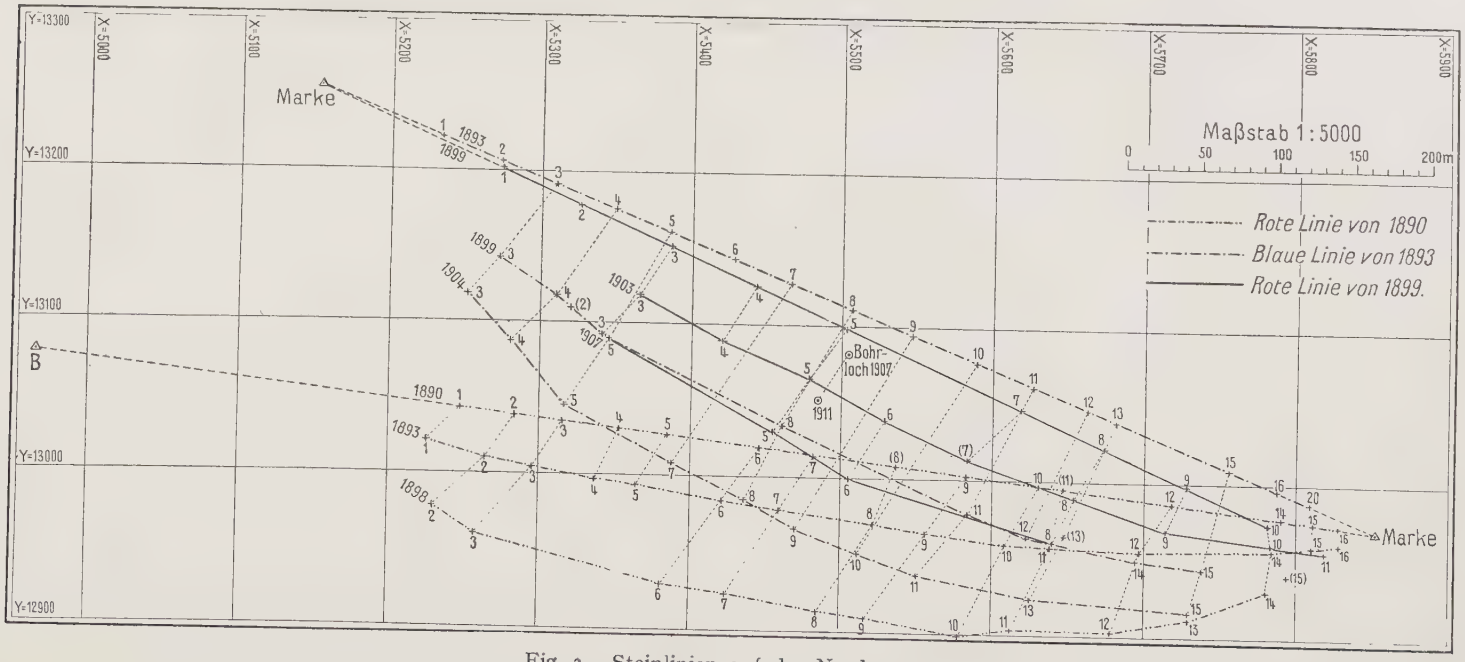

Fig. 3. Steinlinien auf der Nordzunge.

wurde. Dies zeigt, daß die südlichen Zuflüsse verhältnismäßig mehr an Stärke eingebüßt haben als die nördlichen.

Tabelle 14 gibt einen Auszug aus den Nachrichten über den Stand der Zunge des Ferners[1]). Auffallend ist der Wechsel von Zeiten starken Rückganges mit Zeiten geringen Rückganges. Stark war der Rückgang in den Jahren 1890—93, 1899—1901, 1903—1908; auch gegenwärtig scheint der Rückgang wieder stärker zu werden. Dazwischen fallen Zeiten geringen Rückganges. So ist der Ferner in der Zeit 1893 bis 1900 nur um 51 m im ganzen zurückgegangen, während er in den drei vorhergehenden Jahren um den doppelten Betrag und im folgenden um mehr als 30 m zurückging. In diese Zeit, speziell in die Jahre 1897 bis 1899 fallen Nachrichten über das Vorgehen einiger Ötztaler Ferner. So fällt auch der auffallend geringe Rückgang während der Jahre 1901 bis 1903 in die Zeit des Wachstumes des Vernagtferners und der Kreuzferner. Der kleine Vorstoß in den Jahren 1908 bis 1910 ist jedoch nur zum Teil auf Rechnung der schneereichen Winter und kühlen Sommer zu setzen. Der große Sprung im Jahre 1908 war nicht in den allgemeinen Abschmelzungsverhältnissen begründet; vielmehr hatte der Bach des südlichsten Kreuzferners die Zunge auf eine weite Strecke unterhöhlt — eine Erscheinung, die im Jahre 1907 zur Bildung eines besonders schönen Gletschertores Anlaß gegeben hat (Fig. 4). Der unterhöhlte Teil der Zunge brach dann im Jahre 1908 in sich zusammen. Das stationäre Verhalten in den folgenden Jahren kann daher auch bestanden haben, bis die Länge der Zunge wieder einem gleichmäßigen Massenverluste entsprach. Der Betrag des Rückzuges von 1910 auf 1911 nähert sich auch tatsächlich wieder dem Betrag des durchschnittlichen jährlichen Rückzuges in der Zeit von 1890 bis 1911 (15,7 m).

Ein Vergleich mit der Karte von 1893 zeigt, daß an der Stelle des Zungenendes von 1907 im Jahre 1893 die Mächtigkeit des Eises noch etwa 90 m betrug. Die durchschnittliche jährliche Abnahme beträgt also hier 6,4 m.

Firngrenze. Die Beobachtungen der Firnstangen und der Steinlinie auf dem Joch geben uns Aufschlüsse über die Lage der Firngrenze in den einzelnen Jahren.

1907 war die Firngrenze auf der Jochhöhe in 2890 m Höhe anzunehmen. Die wesentlich gröbere Bestimmung aus der Höhe der

[1]) Als Marke für die Feststellung des Rückzuges dient ein mächtiger Moränenblock über dem linken Steilufer der Ache. Der Block ist rot markiert (Lage ungefähr: X = 5060 m, Y = 12 340 m).

zusammenhängenden Schneeflecken gibt nach der Karte für 1907 am oberen Berg eine Höhe von 2860 bis 2930 m.

Da die runde Steinlinie auch in den folgenden Jahren nur teilweise ausaperte, ist auf der Jochhöhe auch in den Jahren bis 1910 einschließlich die Firngrenze in etwa 2890 m Höhe zu legen. Dies zeigen auch die Pegelbeobachtungen an den untersten Firnstangen. Diese standen 1909 und 1910 noch über der Firngrenze, während gleichzeitig die beiden obersten ein Firnwachstum um 1,70 m und 2 m in jedem der beiden Jahre zeigten.

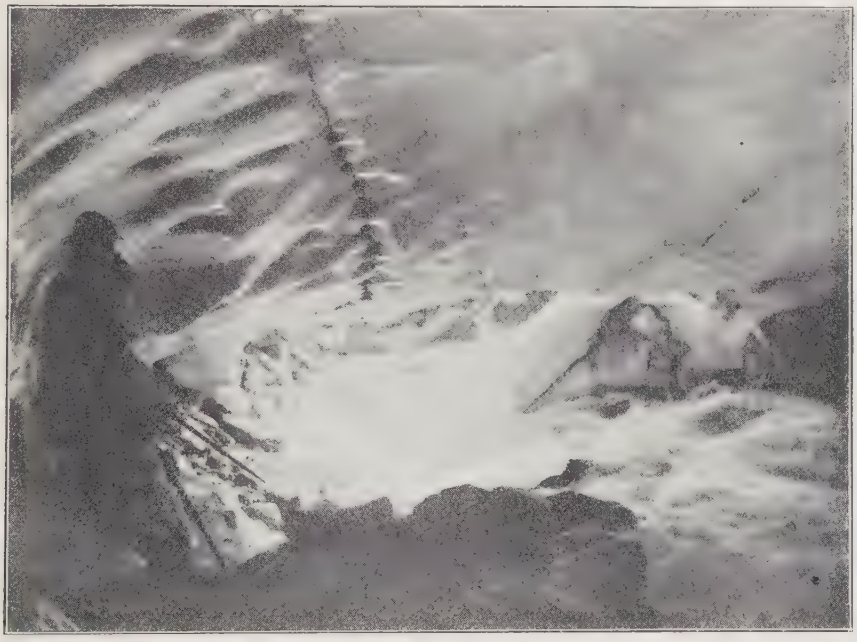

Fig. 4. Gletschertor 1907.

Ganz anders ist das Verhalten im Jahre 1911. Hier ist einem nach Aussage der Ortsansässigen schneearmen Winter ein trockener, heißer Sommer gefolgt. Die Pegelhöhen zeigen, daß in diesem Jahr selbst die beiden obersten Firnstangen unter der Firngrenze standen, daß diese also plötzlich über 3100 m hinauf geschnellt ist, also um mehr als 200 m. Dies ließ sich auch aus der Lage der Schneeflecken am oberen Berg entnehmen. Von den zahllosen Schneeflecken, die auf der Karte von 1907 eingezeichnet sind, war im August 1911 nichts mehr zu sehen. Diesem Wechsel entsprechend verhielt sich

auch die Zunge des Latschferners. Während die nördliche Zunge 1907 noch in den kleinen See, der im Zungenbecken des letzten Vorstoßes liegt, hineinreichte, hat sie sich seitdem weit zurückgezogen und es ist aus ihr in diesem Jahre in etwa 3000 m Höhe eine kleine Felsinsel ausgeapert.

Aus der Karte läßt sich das Verhältnis vom Firn- zum Zungengebiet für das Jahr 1907 entnehmen. Bei einer Gesamtfläche von 1057 ha[1]) betrug das Firngebiet 754 ha. Das Verhältnis Firn zu Zunge ist also 2,5 : 1.

Terrassen und Gehängeleisten. Der Abhang des oberen Berges zeigt kein gleichmäßiges Gefälle. Von unten aufsteigend gelangt man in einer Höhe von 2800 bis 2840 m auf eine erste deutlich ausgeprägte Terrasse, der auf dem rechten Ufer unterhalb des Signales Hoch B in der Höhe von 2820 bis 2840 m eine ebenso deutliche Terrasse entspricht. Die zweite deutlich ausgesprochene Terrasse findet sich am oberen Berg unter Steinmann II in 2930 bis 2960 m Höhe. Ihr entspricht auf dem rechten Ufer die große Terrasse, die sich bei Signal Hoch B in 2940 bis 3010 m Höhe ausdehnt und in den Abbrüchen sämtlicher die Kreuzferner trennenden Grate bis unter das Eisköpfele (Signal T des Hochjochfernernetzes) zu verfolgen ist. Unter diesem erscheint sie als eingeschnittener Winkel und bezeichnet scharf die Grenze zwischen geschliffenem und ungeschliffenem Gestein. Diese Terrasse scheint jedoch beim Signal Hoch B noch nicht ihren Anfang zu haben; sie erweckt vielmehr den Eindruck, als ob sie sich unter dem Eise bis zum Signal Niederfinail fortsetzte. Ebenso scheint sich hier die untere Terrasse unter dem Eise fortzusetzen und unterhalb Firnstange I in 2950 m Höhe zur Bildung einer kleinen Wasseransammlung auf dem Eise Anlaß zu geben. Auch auf dem linken Ufer zeigen die beiden Terrassen Fortsetzungen bis an den Latschferner: Die untere oberhalb Signal D in 2900 m Höhe mit einer weiteren Fortsetzung bis über Signal C in 2900 bis 2960 m Höhe, die obere eine steiler ansteigende über D in 3000 bis 3030 m Höhe. Ferner machen noch die Erhebungen bei Steinmann II und III den Eindruck einer zusammengehörigen Fläche; doch läßt sich auf dem rechten Ufer hierzu keine entsprechende Terrasse finden, es sei denn, daß man die Gefällsknicke der Trennungsgrate in 3160 bis 3200 m

(Fortsetzung des Textes S. 26)

[1]) Diese Zahl ist mit der von Kerschensteiner und Hess angegebenen nicht vergleichbar, weil die eisfreien Inseln hier nicht eingerechnet sind.

Abriß des Hauptnetzes. Tabelle 1

	Orientierte Beobachtung	v	Ausgeglichen	S
Im hinteren Eis				
Krahwand	244° 12′ 57,3″	+ 9,1″	244° 13′ 6,4″	3025,88 m
Hoch B	164° 35′ 1,3″	— 5,1″	164° 34′ 56,2″	4256,39 m
Nieder Finail	195° 1′ 23,3″	— 4,1″	195° 1′ 19,2″	3214,17 m
Krahwand				
Im hinteren Eis	64° 13′ 4,5″	+ 1,9″	64° 13′ 6,4″	3025,88 m
Im oberen Berg II	100° 21′ 35,0″	— 1,2″	100° 21′ 33,8″	4807,20 m
Mittlere Guslarspitze	104° 31′ 4,5″	+ 7,9″	104° 31′ 12,4″	7795,15 m
Hoch B	125° 51′ 30,0″	— 2,0″	125° 51′ 28,0″	4758,03 m
T	128° 24′ 33,8″	— 5,5″	128° 24′ 28,3″	8249,09 m
Nieder Finail	133° 23′ 29,8″	— 1,3″	133° 23′ 28,5″	2603,07 m
Mittlere Guslarspitze				
T	198° 50′ 57,3″	— 12,3″	198° 50′ 45,0″	3349,98 m
Hoch B	257° 16′ 50,4″	+ 6,7″	257° 16′ 57,1″	3782,71 m
Nieder Finail	271° 41′ 4,6″	— 5,6″	271° 40′ 59,0″	5657,01 m
Krahwand	284° 31′ 8,2″	+ 4,2″	284° 31′ 12,4″	7795,15 m
Im oberen Berg II	291° 8′ 54,0″	+ 7,1″	291° 9′ 1,1″	3020,82 m
Im oberen Berg II				
Mittlere Guslarspitze	111° 8′ 51,7″	+ 9,4″	111° 9′ 1,1″	3020,82 m
T	157° 50′ 21,0″	+ 0,4″	157° 50′ 21,4″	4600,17 m
Hoch B	204° 25′ 8,4″	— 32,4″	204° 24′ 36,0″	2111,44 m
Nieder Finail	251° 57′ 47,9″	+ 4,9″	251° 57′ 52,8″	2983,85 m
Krahwand	280° 21′ 14,1″	+ 19,7″	280° 21′ 33,8″	4807,20 m
T				
Nieder Finail	306° 7′ 15,8″	— 9,5″	306° 7′ 6,3″	5660,37 m
Krahwand	308° 24′ 27,4″	+ 0,9″	308° 24′ 28,3″	8249,09 m
Hoch B	311° 52′ 18,7″	+ 5,5″	311° 52′ 24,2″	3502,17 m
Im oberen Berg II	337° 50′ 27,7″	— 6,3″	337° 50′ 21,4″	4600,17 m
Mittlere Guslarspitze	18° 50′ 35,5″	+ 9,5″	18° 50′ 45,0″	3349,98 m
Hoch B				
Nieder Finail	296° 56′ 51,4″	+ 9,0″	296° 57′ 0,4″	2204,01 m
Krahwand	305° 51′ 15,5″	+ 12,5″	305° 51′ 28,0″	4758,03 m
Im hinteren Eis	344° 34′ 51,1″	+ 5,1″	344° 34′ 56,2″	4256,39 m
Im oberen Berg II	24° 25′ 6,4″	— 30,4″	24° 24′ 36,0″	2111,44 m
Mittlere Guslarspitze	77° 17′ 0,5″	— 3,4″	77° 16′ 57,1″	3782,71 m
T	131° 52′ 17,1″	+ 7,1″	131° 52′ 24,2″	3502,17 m
Nieder Finail				
Krahwand	313° 23′ 28,7″	— 0,2″	313° 23′ 28,5″	2603,07 m
Im hinteren Eis	15° 1′ 9,9″	+ 9,3″	15° 1′ 19,2″	3214,17 m
Im oberen Berg II	71° 58′ 2,5″	— 9,7″	71° 57′ 52,8″	2983,85 m
Mittlere Guslarspitze	91° 40′ 51,3″	+ 7,7″	91° 40′ 59,0″	5657,01 m
Hoch B	116° 57′ 5,7″	— 5,3″	116° 57′ 0,4″	2204,01 m
T	126° 7′ 7,9″	— 1,6″	126° 7′ 6,3″	5660,37 m

Koordinaten-

Signal	Abkürzung	x	y	z	Signalhöhe
Hauptnetz					
Im hinteren Eis	Ihe	8768,13 ± 0,00	14785,35 ± 0,00	3269,60 ± 0,00	3,64 m
Krahwand	Kw	7452,05 ± 0,00	17510,03 ± 0,00	3252,03 (3251,7)	(3,35 m)
Mittlere Guslarspitze . .	Mg	5497,65 ± 0,00	9963,86 ± 0,00	3124,15 (3123,8)	2,00 m
Hoch B	Hb	4664,91 ± 0,14	13653,77 ± 0,22	2942,44 (2942,4)	2,00 m
Niederfinail	Nf	5663,80 ± 0,13	15618,43 ± 0,17	3142,56 (3142,6)	2,00 m
T	T	2327,26 ± 0,24	11045,98 ± 0,20	3199,82 (3199,6)	1,38 m
Steinmann II im ob. Berg	Ob II	6587,61 ± 0,12	12781,19 ± 0,20	3003,65 (3003,5)	2,00 m
Nebennetz					
Steinmann I im ob. Berg	Ob I	6105,90 ± 0,03	12473,25 ± 0,03	2919,4 (± 0,1)	2,00 m
Steinmann III im ob. Berg	Ob III	7540,48 ± 0,12	13483,54 ± 0,14	3108,7 (± 0,4)	1,50 m
A	A	4849,37 ± 0,03	12410,89 ± 0,07	2585,7 (± 0,2)	2,00 m
B	B	4966,05 ± 0,09	13077,85 ± 0,06	2717,9 (± 0,5)	2,00 m
C	C	6714,24 ± 0,05	14376,12 ± 0,08	2857,9 (± 0,3)	2,00 m
D	D	6272,10 ± 0,06	13459,32 ± 0,07	2752,2 (± 0,4)	2,00 m
E	E	5229,67 ± 0,04	12198,71 ± 0,08	2577,8 (± 0,3)	2,00 m
F	F	7178,63 ± 0,10	15001,15 ± 0,09	2908,2 (± 0,3)	2,00 m
G	G	7479,20 ± 0,10	15292,31 ± 0,11	2910,0 (± 0,3)	2,00 m
H	H	4797,09 ± 0,04	11955,40 ± 0,09	2440,1 (± 0,4)	2,00 m
L	L	7897,32 ± 0,06	15777,55 ± 0,09	2859,5 (± 0,3)	2,00 m
M	M	8137,53 ± 0,03	16203,66 ± 0,11	2788,1 (± 0,2)	2,00 m
N	N	8133,75 ± 0,08	15863,53 ± 0,07	2871,3 (± 0,4)	2,00 m
Neu P	Np	8027,54 ± 0,04	16580,12 ± 0,12	2808,5 (± 0,5)	2,00 m
Schwarzwand	Schw	6245,21 ± 0,08	16765,68 ± 0,11	3354,4 (± 0,6)	2,00 m
Finalspitze	Fsp	4972,60 ± 0,12	16263,68 ± 0,11	3513,6 (± 0,7)	2,00 m
Kreuzkogelsteinmann . .	Krst	2821,18 ± 0,21	12587,54 ± 0,18	3184,7 (± 0,7)	2,00 m
Steinmann Y	Stm. Y	5699,58 ± 0,03	12352,43 ± 0,02	2800,0 (± 0,4)	1,50 m
Nicht einbezogene Punkte					
Hauslabjoch	—	4254,07	16011,05	3283,00	2,57 m

Verzeichnis. Tabelle 2

Rückwärts eingeschnitten nach	Vorwärts eingeschnitten von	Über-sch.	Bemerkung
Kw.	—	0	Holzdreikant der M.T.
Ihe, Mg.	—	1	Seit 1909 2 m hohe Stange in Steinmann
Kw.	—	0	Steinmann
Ihe, Kw, Mg, Nf, T, Ob II.	Ihe, Kw, Mg.	6	Stange in 1 m hohem Steinbau
Ihe, Kw, Mg, Hb, T, Ob II.	Ihe, Kw, Mg.	6	Stange in 1,20 m hohem Steinbau
Kw, Mg, Hb, Nf, Ob II.	Kw, Mg.	4	Stange
Kw, Mg, Hb, Nf, T.	Kw, Mg.	4	
Kw, Mg, Hb, Nf, T, Ob II.	Mg, Hb, Nf, T, Ob II.	8	
Kw, Mg, Hb, Nf, T.	Mg, Hb, Nf, T.	6	
Kw, Mg, Nf, Ob I, B, C, D, H.	Kw, Mg, Ob I, B, D.	10	Stange
Kw, Mg, T, Ob II, Ob I, C, D.	Kw, Mg, T, Ob II, Ob I, C, D.	11	„
Kw, Mg, Hb, Nf, T, Ob II, Ob I, D.	Kw, Mg, Hb, Nf, T, Ob II, Ob I.	12	„
Kw, Hb, Nf, T, C.	Kw, Hb, Nf, T, Ob I.	7	„
Mg, Hb, Nf, T, A, B, H.	Kw, Mg, Hb, Nf, T, B.	10	„
Kw, Hb, Nf, T, B. G.	Kw, Hb, Nf, T, B.	8	„
Kw, Hb, Nf, T, F.	Kw, Hb, Nf, T.	6	„
Mg, T, A, D, E.	Mg, T.	4	„
Kw, Nf, T, G, N, Schw, Fsp, Krst.	Kw, Nf, T, G.	9	„
Ihe, G, L, N, Np, Schw, Fsp,	Ihe, G, L, N, Np.	9	„
Ihe, Nf, L, Schw, Fsp.	Ihe, Nf.	4	„
Ihe, G, L, N, Fsp.	Ihe, G, L, N.	6	„
—	Ihe, Kw, Mg, Hb, Nf, T, Ob II, Ob I, A, B, C, D, F, G.	12	Stange in 1,20 m hohem Steinmann
—	Ihe, Kw, Mg, Nf, T, Ob II, Ob I, Ob III, C, D, F, G.	10	Stange
—	Ihe, Kw, Mg, T, Ob II, Ob I, Ob III, C, D, E, F, G.	10	
Kw, Mg, Hb, Nf, T, A, B, D.	—	5	
—	—	—	Holzdreikant der M.T.

Tabelle 3 Fehlerellipsen des Hauptnetzes[1]).

Signal	Große Halbachse	Kleine Halbachse	Richtung der großen Achse[2])
Hoch B	22,8 cm	11,6 cm	112° 25′ 58″
Nieder Finail.	19,0 cm	10,0 cm	123° 39′ 34″
T	24,4 cm	20,1 cm	12° 47′ 16″
Steinmann II im obern Berg	20,5 cm	11,9 cm	99° 1′ 44″

Höhe als zugehörig betrachten will. Einigermaßen sicher erscheint lediglich die Zuordnung der beiden untersten Terrassen, deren obere entsprechend ihrer Bedeutung als Grenze zwischen geschliffenem und ungeschliffenem Fels vielleicht als die obere Grenze der letzten Eiszeit anzusehen ist, während die untere wahrscheinlich unter der Eisoberfläche entstanden ist. Ein ziemlich scharfer Gegensatz zwischen beiden Terrassen zeigt sich am oberen Berg in der Art ihres Überganges in den Berghang. Während die untere Terrasse gerundete Kante und Winkel zeigt, bricht die obere Terrasse in scharfem Steilrand ab.

Der Hang unter der oberen Terrasse bis herab zum gegenwärtigen Stand des Gletschers zeigt eine ganze Reihe von Gehängeleisten. Bei günstiger Beleuchtung oder nach leichterem Neuschneefall lassen sich deren 7 bis 9 abzählen; zwei davon sind deutlicher ausgesprochen und lassen sich die eine nördlich über D in 2780 m Höhe, die zweite an der Nase des oberen Berges unter Steinmann Y in 2680 m Höhe erkennen. Auch auf dem rechten Ufer fanden sich solche Leisten.

Weitere Ansätze zu korrespondierenden Terrassen finden sich an der Südzunge, und zwar unter Im hinteren Eis in 3120 m Höhe und die entsprechende etwas tiefer unter der Grauen Wand in 3070 m Höhe; ferner ein weiteres Paar bei N in 2870 bis 2920 m Höhe und bei Neu P in 2810 bis 2850 m Höhe. Die Terrasse über N ist sehr stark ausgeprägt. Auf ihr finden sich zwei kleine Seen zwischen Rundhöckern. Diese Seen können jedoch nicht als Zungenbecken gedeutet werden. Der Unterschied in der Verwitterung des Gesteines an der Grauen Wand legt auch hier die Vermutung nahe, daß die obere Terrasse auch obere Grenze der letzten Eiszeit war.

Vorstehende Ausführungen wollen nur den Befund feststellen, während eine morphologische Deutung einer späteren Zeit vorbehalten sein soll.

[1]) Unter der Voraussetzung, daß Mittl. Guslarspitz, Krahwand und „Im hintern Eis“ fehlerfrei sind.

[2]) Von + X über Norden gerechnet.

Tabelle der Höhenunterschiede.

Tabelle 4

	Ob II	T	Nf	Hb	Mg	Kw	Höhen
Im hinteren Eis	Beobachtet		— 126,60	— 327,27		— 17,89	
	Ausgeglichen		— 127,04	— 327,16		— 17,57	3269,60
	v	—	— 0,44	+ 0,11	—	+ 0,32	
	(Empirisch ausgeglichen)		(— 127,0)	(— 327,2)		(— 17.9)	(3269,6)
Krahwand	— 248,44	— 52,32	— 109,42	— 309,64	— 128,34		
	— 248,38	— 52,21	— 109,47	— 309,59	— 127,88	—	3252,03
	+ 0,06	+ 0,11	— 0,05	+ 0,15	+ 0,46		(3251,7)
	(— 248.2)	(— 52,1)	(— 109,1)	(— 309,3)	(— 127,9)		
Mittlere Guslarspitze	— 120,58	+ 75,62	+ 18,94	— 181,79			
	— 120,50	+ 75,67	+ 19,33	— 181,71	—	—	3124,15
	+ 0,08	+ 0,05	+ 0,39	+ 0,08			(3123,8)
	(— 120,3)	(+ 75,8)	(+ 18,8)	(— 181,4)			
Hoch B	+ 61,28	+ 257,45	+ 199,92				
	+ 61,21	+ 257,38	+ 200,12	—	—	—	2942,44
	— 0,07	— 0,07	+ 0,20				(2942,4)
	(+ 61,1)	(+ 257,2)	(+ 200,2)				
Nieder Finail	— 138,96	+ 57,30					
	— 138.91	+ 57,26	—	—	—	—	3142,56
	+ 0,05	— 0,04					(3142,6)
	(— 139,1)	(+ 57,0)					
T	— 196,16						
	— 196,17	—	—	—	—	—	3199,82
	— 0.01						(3199,6)
	(— 196,1)						
Steinmann II im oberen Berg	—	—	—	—	—	—	3003,65
							(3003,5)

Photogrammetrische

Anzahl der Widersprüche zwischen bestimmten

	0 m bis 200 m	200 m bis 400 m	400 m bis 600 m	600 m bis 800 m	800 m bis 1000 m	1000 m bis 1200 m	1200 m bis 1400 m	1400 m bis 1600 m	1600 m bis 1800 m	1800 m bis 2000 m	2000 m bis 2200 m	2200 m bis
	Mittel 100 m	Mittel 300 m	Mittel 500 m	Mittel 700 m	Mittel 900 m	Mittel 1100 m	Mittel 1300 m	Mittel 1500 m	Mittel 1700 m	Mittel 1900 m	Mittel 2100 m	Mittel
0 bis 0,5 m	18	58	94	91	99	58	65	64	67	99	119	112
0,5 bis 1,5 m	6	32	73	65	76	70	77	63	83	135	137	126
1,5 bis 2,5 m	4	8	14	20	16	29	14	13	27	29	53	55
2,5 bis 3,5 m	1	2	7	3	5	7	2	1	5	9	7	11
3,5 bis 4,5 m	1	1	1	3	3	4	1	3	2	5	3	2
4,5 bis 5,5 m	—	1	—	—	2	—	2	—	1	—	2	1
Summe	30	102	189	182	201	168	161	144	185	277	321	307
mittl. Fehler für 1000 m	14,71 m	4,32 m	2,47 m	1,84 m	1,54 m	1,45 m	1,05 m	0,86 m	0,87 m	0,75 m	0,70 m	0,65 m
mittl. Fehler für die Entfernung	1,47 m	1,30 m	1,23 m	1,29 m	1,39 m	1,60 m	1,36 m	1,28 m	1,47 m	1,43 m	1,47 m	1,49 m

)henbestimmung. Tabelle 5

enzen bei Messungen auf bestimmte Entfernungen.

00 m bis 00 m	2600 m bis 2800 m	2800 m bis 3000 m	3000 m bis 3200 m	3200 m bis 3400 m	3400 m bis 3600 m	3600 m bis 3800 m	3800 m bis 4000 m	4000 m bis 4200 m	4200 m bis 4400 m	4400 m bis 4600 m	4600 m bis 4800 m	4800 m bis 5000 m	
ittel 00 m	Mittel 2700 m	Mittel 2900 m	Mittel 3100 m	Mittel 3300 m	Mittel 3500 m	Mittel 3700 m	Mittel 3900 m	Mittel 4100 m	Mittel 4300 m	Mittel 4500 m	Mittel 4700 m	Mittel 4900 m	Summe
0	87	68	78	37	19	18	11	5	1	1	1	—	1360
3	113	94	87	51	34	20	29	13	4	—	3	—	1514
9	37	33	30	29	27	19	7	1	4	—	—	1	509
5	14	9	12	4	12	7	7	4	3	—	—	—	137
2	2	1	4	2	4	2	6	1	1	—	—	—	54
–	4	5	4	—	1	2	1	—	—	1	—	1	28
9	257	210	215	123	97	68	61	24	13	2	4	2	3602
5 m	0,61 m	0,59 m	0,56 m	0,49 m	0,62 m	0,59 m	0,59 m	0,48 m	0,60 m	0,91 m	0,21 m	0,90 m	0,77 m
5 m	1,66 m	1,70 m	1,74 m	1,61 m	2,18 m	2,19 m	2,32 m	1,98 m	2,56 m	4,11 m	1,01 m	4,42 m	f. mittl. Entfern. 2029 m 1,55 m

Tabelle 6 Firnstangen.

Stange	Datum	x	y	z	Tiefe	Weg	Richtung[1])
I	31. 7. 1908	—	—	—	1,69 m	—	—
	5. 10. 1908	4703,28 ± 0,39	14955,61 ± 0,39	3097,7 ± 0,6	1,67 m		
	7. 4. 1909	—	—	—	3,20 m	18,19 m	76° 3' 50"
	27. 7. 1909	4707,66 ± 0,26	14937,96 ± 0,29	3096,1 ± 0,5	3,20 m		
	12. 10. 1910	4715,67 ± 0,61	14908,45 ± 0,70	3093,1 ± 0,3	5,00 m	30,58 m	74° 48' 50"
	29. 8. 1911	4725,42 ± 0,37	14888,69 ± 0,49	3087,2 ± 0,5	4,05 m	22,03 m	63° 41' 15"
II	31. 7. 1908	—	—	—	1,50 m	—	—
	5. 10. 1908	4217,28 ± 0,19	14247,34 ± 0,09	3078,4 ± 0,5	1,35 m		
	7. 4. 1909	—	—	—	2,60 m	1,54 m	349° 29' 40"
	27. 7. 1909	4218.79 ± 0,80	14247,62 ± 0,33	3078,4 ± 0,5	2,50 m		
	18. 7. 1910	—	—	—	4.10 m		
	12. 10. 1910	—	—	—	3,70 m	6,19 m	13° 1' 45"
	29. 8. 1911	4224,82 ± 0,41	14246,09 ± 0,17	3077,7 ± 0,4	2,00 m		
III	2. 8. 1908	—	—	—	1,10 m	—	—
	5. 10. 1908	4480,87 ± 0,54	14183,32 ± 0,75	3024,0 ± 0.5	0,85 m		
	7. 4. 1909	—	—	—	2,39 m	2,82 m	339° 49' 30"
	27. 7. 1909	4483,51 ± 0,30	14184,29 ± 0,43	3024,0 ± 0,5	2,25 m		
	18. 7. 1910	—	—	—	3,90 m		
	13. 10. 1910	4487,85 ± 0,69	14183,05 ± 1,25	3024,3 ± 0,5	3,20 m	4,51 m	15° 56' 40"
	29. 8. 1911	4491,37 ± 0,12	14182,10 ± 0,13	3022,7 ± 0,4	1,80 m	3,65 m	15° 6' 10"
IV	3. 8. 1908	—	—	—	1,19 m	—	—
	5. 10. 1908	6692,16 ± 0,17	16494,91 ± 0,15	2994,0 ± 0,5	0,98 m		
	7. 4. 1909	—	—	—	2,66 m	5,69 m	90° 0' 0"
	27. 7. 1909	6692,16 ± 0,10	16489,22 ± 0,09	2994,4 ± 0,2	2,40 m		
	15. 10. 1910	6693,70 ± 0,08	16480,70 ± 0,07	2995,1 ± 0,5	4,00 m	8,66 m	79° 45' 15"
	30. 8. 1911	6694,08 ± 0,07	16475,19 ± 0,06	2992,1 ± 0,4	2,55 m	5,52 m	86° 3' 18"
V	3. 8. 1908	—	—	—	1,00 m	—	—
	5. 10. 1908	6282,94 ± 0,12	15727,27 ± 0,12	2955,8 ± 0,3	0,71 m		
	7. 4. 1909	—	—	—	2,45 m	15,17 m	61° 14' 20"
	27. 7. 1909	6290,24 ± 0,39	15713,97 ± 0,38	2954,0 ± 0,4	1,90 m		
	15. 10. 1910	6302,14 ± 0,13	15690,41 ± 0,11	2951,0 ± 0,3	2,60 m	26,39 m	63° 14' 10"
	30. 8. 1911	6310,43 ± 0,10	15674,30 ± 0,09	2944,6 ± 0,5	0,55 m	18,12 m	62° 46' 15"
VI	17. 8. 1908	—	—	—	1,42 m	—	—
	5. 10. 1908	7402,06 ± 0,04	17112,07 ± 0,13	3091,6 ± 0,6	1,30 m		
	7. 4. 1909	—	—	—	3,17 m	3,93 m	109° 57' 30"
	25. 7. 1909	7400,72 ± 0,06	17108,38 ± 0,18	3091,7 ± 0,5	3,05 m		
	15. 10. 1910	7398,86 ± 0,05	17104,30 ± 0,14	3093,1 ± 0,3	5,25 m	4,48 m	114° 30' 30"
	13. 8. 1911	7397,22 ± 0,02	17102,87 ± 0,03	3091,1 ± 0,5	4,80 m	2,18 m	138° 54' 45"

[1]) Richtungen sind gezählt von der positiven X-Achse über Norden!

Geschwindigkeit der Firnstangen. Tabelle 7

Datum	I	II	III	IV	V	VI
5. 10. 1908 bis 27. 7. 1909	22,42 m/J	1,90 m/J	3,48 m/J	7,01 m/J	18,70 m/J	4,85 m/J
27. 7. 1909 bis 13. 10. 1910	25,30 m/J	2,96 m/J	3,74 m/J	7,18 m/J	21,81 m/J	3,71 m/J
13. 10. 1910 bis 29. 8. 1911	25,03 m/J		4,15 m/J	6,28 m/J	20,60 m/J	2,48 m/J
Durchschnitt . .	24,4 m/J	2,66 m/J	3,78 m/J	6,85 m/J	20,60 m/J	3,65 m/J

Runde Steinlinie im Jahre 1911. Tabelle 8

Stein	x	y	z	Entfernung vom Mittelpunkt des Jahres 1890
I	7352,2	15436,8	2883,6	116 m
II	7321,1	15418,2	2884,5	113 m
III	7283,1	15410,9	2886,3	110 m
—	7258,5	15407,1	2887,3	113 m
V	7208,7	15414,9	2888,5	123 m
VI	7188,3	15442,7	2889.8	114 m
VII	7176,4	15471,6	2891,4	108 m
VIII	7178,4	15506,4	2893,1	95 m
IX	7192,7	15539,7	2894,0	92 m
X	7225,3	15572,2	2894,4	70 m
XI	7262,2	15594,3	2893,9	74 m
XII	7300,1	15602,1	2892,7	87 m
XIII	7340,3	15597,6	2890,8	103 m
XIV	7374,0	15572,4	2888,6	113 m
XV	7388,7	15542,7	2887,3	119 m
—	7382,6	15484,6	2884,8	119 m
Mittelpunkt 1911	7285	15502	2890,0	22 m
Mittelpunkt 1890	7272,5	15520,7	2908	—

Rote Steinlinie von 1890.

Tabelle 9

Datum	1890			1893				6. 8. 1898			
Stein	x	y	z	x	y	z	$v_{1890-1893}$	x	y	z	$v_{1893-1898}$
1	5247,2	13043,4	—	5224,6	13022,2	2624,8	10,3 m/J	—	—	—	—
2	5282,9	13039,1	—	5263,3	13011,0	2625,2	11,4 m/J	5229,3	12978,5	2605,0	9,4 m/J
3	5314,7	13035,2	—	5295,9	13005,1	2627,9	11,8 m/J	5257,0	12962,2	2609,3	11,6 m/J
4	5352,4	13030,6	—	5336,7	12997,7	2630,4	12,1 m/J	—	—	—	—
5	5385,2	13026,6	—	5363,7	12993,7	2632,9	13,1 m/J	—	—	—	—
6	5446,7	13019,1	—	5420,6	12984,2	2634,8	14,5 m/J	5381,2	12929,5	2617,8	13,6 m/J
7	5482,4	13014,8	—	5460,0	12978,1	2637,0	14,3 m/J	5424,5	12923,8	2622,1	13,0 m/J
8	(5538,0)	(13008,0)	—	5522,6	12970,9	2639,6	(13,4 m/J)	5485,2	12912,8	2624,1	13,8 m/J
9	5583,7	13002,4	—	5557,1	12966,5	2646,3	14,9 m/J	5515,6	12908,9	2629,6	14,2 m/J
10	5630,4	12996.8	—	5608,1	12959,3	2650,5	14,5 m/J	5578,5	12899,1	2632,5	13,5 m/J
11	(5646,2)	(12994.8)	—	5638,0	12957,4	2653,2	(12,8 m/J)	5612,7	12903,4	2638,4	11,9 m/J
12	5718,7	12986,0	—	5697,1	12954,6	2652,8	12,7 m/J	5678,5	12903,3	2635,6	10,9 m/J
13	—	—	—	—	—	—	—	5729,4	12911,7	2637,5	—
14	5790,2	12977,3	—	5783,8	12957,1	2652,0	7,1 m/J	5780,5	12930,7	2636,9	5,3 m/J
15	5811,0	12974,8	—	5810,5	12959,6	2651,8	5,1 m/J	(5793,9)	(12940,2)	(2638,4)	(4,1 m/J)
16	5826,9	12972,8	—	5827,6	12961,5	2651,5	3,8 m/J	—	—	—	—

Blaue Steinlinie von 1893.

Tabelle 10

Datum	1893			28. 8 1899				27. 7. 1904			
Stein	x	y	z	x	y	z	v 1893—1899	x	y	z	v 1899—1904
1	5233,7	13222,7	2651,4	—	—	—	—	—	—	—	—
2	5274,5	13205,9	2653,7	—	—	—	—	—	—	—	—
3	5309,0	13191,8	2653,0	5272,2	13143,0	2628,4	10.2 m/J	5251,8	13119,3	2609,5	6,3 m/J
4	5349,6	13175,2	2654,0	5311,4	13117,1	2628,2	11,6 m/J	5280,7	13088,9	2609,3	8,3 m/J
5	5385,6	13160,5	2654,2	(5345,1)	(13090,0)	(2629,5)	(13,5 m/J)	5315,3	13046,0	2611,9	10,6 m/J
6	5428,6	13143,0	2653,5	—	—	—	—	—	—	—	—
7	5466,5	13127,4	2656,0	—	—	2632,3	—	5387,3	13008,7	2615,9	(12,9) m/J[1]
8	5506,9	13111,0	2659,3	5459,7	13033,8	2635,0	15,1 m/J	5435,8	12984,9	2618,6	10,9 m/J
9	5547,0	13094,5	2657.8	—	—	—	—	5469,7	12966,7	2617,2	(13,6) m/J[1]
10	5589,6	13077,1	2659,7	—	—	—	—	5510,9	12951,4	2617,9	(13,5) m/J[1]
11	5626,6	13062,0	2665,2	5585,3	12979,0	2642,2	15,5 m/J	5550,2	12937,4	2624.2	10,9 m/J
12	5662,7	13047,2	2664,9	5622,7	12964,5	2642,1	15,3 m/J	—	—	—	—
13	5681,3	13039,7	2664,0	(5647,7)	(12965,1)	(2645,5)	(13,7 m/J)	5625,2	12923,3	2630,8	9,5 m/J
14	—	—	—	5694,0	12949,5	2642,7	—	—	—	—	—
15	5755,9	13009,2	2664,3	5737,9	12944,5	2641,4	11,2 m/J	5729,2	12916,9	2626,8	5,8 m/J
16	5787,7	12996,2	2661,8	—	—	—	—	—	—	—	—
20	5809,0	12987,5	2658,5	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Durchschnitt für die Jahre 1893—1904.

Rote Steinlinie von 1899. Tabelle 11

Datum	28. 8. 1899			11. 8. 1903				21. 7. 1907			
Stein	x	y	z	x	y	z	v 1899–1903	x	y	z	v 1903—1907
1	5275,2	13201,3	2641,6	—	—	—	—	—	—	—	—
2	5326,4	13178,6	2640,4	—	—	—	—	(5319,6)	(13113,3)	(2612,7)	—
3	5385,9	13152,5	2641,6	5365,1	13119,6	2628,3	9,9 m/J	5341,8	13092,5	2613,2	8,9 m/J
4	5444,4	13126,2	2640,7	5422,0	13089,5	2629,2	10,7 m/J	—	—	—	—
5	5503,9	13099,8	2646,6	5478,9	13066,3	2634,9	10,4 m/J	5455,3	13030,1	2619,7	10,8 m/J
6	—	—	—	5529,4	13038,1	2632,2	—	5505,8	13000,0	2617,2	11,2 m/J
7	5618,5	13047,5	2651,2	5583,6	13014,3	2637,9	12,0 m/J	—	—	—	—
8	5674,2	13022,7	2654,3	5653,0	12990,9	2642,8	9,6 m/J	5639,2	12959,9	2629,3	8,5 m/J
9	5728,7	12998,1	2652,3	5714,4	12969,1	2639,2	8,1 m/J	—	—	—	—
10	5781,7	12974,6	2647,3	5782,5	12959,9	2635,7	3,7 m/J	—	—	—	—
11	—	—	—	5818,1	12956,1	2635,8	—	—	—	—	—

Bohrloch auf der Nordzunge. Tabelle 12

Datum	x	y	z	Weg	Richtung[1])
21. Juli 1907	5505,08	13081,09	2631,4	35,61 m	122° 53′ 40″
29. August 1911	5485,74	13051,19	2617,7		

Tabelle 13

Zeitliche Änderung der Geschwindigkeit an der Stelle X = 5450—5500, Y = 13050—13100.

Zeit	Geschwindigkeit	Gemessenes Signal
1893—1899	15,1 m/J	Punkt 8 der blauen Steinlinie von 1893
1899—1903	10,4 m/J	Punkt 5 der roten Steinlinie von 1899
1903—1907	10,8 m/J	Punkt 5 der roten Steinlinie von 1899
1907—1911	8,7 m/J	Bohrloch auf der Nordzunge

[1]) Gezählt von der positiven X-Achse über Norden.

Rückzug des Gletscherendes. Tabelle 14

Datum	Beobachter	Beobachtung	Rückzug im ganzen	Rückzug im Jahr
1847	Schlagintweit	3 m von Endmoräne entfernt	—	—
1859	Sonklar	Starkes Vorrücken	—	—
1865	Bild	Latsch- und Kreuzferner reichen fast bis zum Hauptferner	—	—
ca. 1867	Photographie	Maximalstand seit den 40er Jahren (Abstand v. vorhergehenden)	ca. 105 m	—
1883	Richter	Geringer Rückgang	ca. 180 m	7,8 m
1890—1893	Blümcke u. Heß	Rückzug der nördl. Zunge 108 m, der nördl. Zunge 45 m	108 m	36 m
1895	„	Rückgang	51 m	8,5 m
1896	„	„		
1897	„	„		
1898	„ (Heß)	Hochjochferner Rückgang (Zunahme der Kreuzferner)		
1899	„	Starker Rückgang d. Hochjochferners, Zunahme der Kreuzferner		
1900	„	30,6 m zurückgegangen	30,6 m	30,6 m
1901	„	10 m „	10 m	10 m
1902	„	1 m „	1 m	1 m
1903	„	Hochjochferner 2,30 m zurückgegangen	2,30 m	2,30 m
1904	„	Hochjochferner 20 m zurückgegangen, Zunahme der Kreuzferner	20 m	20 m
1905	„	Rückgang	47 m	16,6 m
1906	„	„		
1907, 12. 9.	Gruber	„		
1908, 6. 10.	„	48 m zurückgegangen	48 m	44,2 m
1910, 5. 10.	„	1 m Vorstoß	—1 m	—0,5 m
1911, 28. 8.	„	13 m zurückgegangen (Gletscher von Marke 172 m entfernt)	13 m	14,2 m
		Rückgang 1890 bis 1911	330 m	15,7 m

Anhang.

Fehlergleichungen.

	z	dx Hb	dy Hb	dx Nf	dy Nf	dx T	dy T	dx Ob II	dy Ob II	l
Im hintern Eis										
Hoch B .	.	— 1,2879	— 4,6711	.	.	.	.	.	.	— 58,5
Nf . . .	.	.	.	+ 1,6635	— 6,1976	.	.	.	.	— 90,0
T . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ob II . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Krahwand										
Hb . . .	.	— 3,5127	— 2,5389	.	.	.	.	.	.	— 23,6
Nf . . .	.	.	.	— 5,7553	— 5,4411	.	.	.	.	— 28,2
T . . .	.	.	.	.	.	— 1,9593	— 1,5535	.	.	— 34,2
Ob II . .	.	.	.	.	.	.	.	— 4,2199	— 0,7715	— 10,8
Mittlere Guslarspitze										
Hb . . .	.	+ 5,3204	— 1,2008	.	.	.	.	.	.	— 23,6
Nf . . .	.	.	.	+ 3,6445	+ 0,1073	.	.	.	.	— 31,6
T . . .	.	.	.	.	.	+ 1,9899	— 5,8284	.	.	— 52,9
Ob II . .	.	.	.	.	.	.	.	+ 6,3704	+ 2,4645	+ 24,3
Hoch B										
Nf . . .	— 1	— 8,3432	— 4,2419	+ 8,3432	+ 4,2419	.	.	.	.	+ 2,7
T . . .	— 1	+ 4,3863	+ 3,9323	.	.	— 4,3863	— 3,9323	.	.	+ 1,0
Ob II . .	— 1	+ 4,0386	— 8,8940	.	.	.	.	— 4,0386	+ 8,8940	— 7,6
Ihe . .	— 1	— 1,2879	— 4,6711	.	.	.	.	.	.	— 16,7
Kw . .	— 1	— 3,5127	— 2,5389	.	.	.	.	.	.	+ 18,3
Mg . . .	— 1	+ 5,3204	— 1,2008	.	.	.	.	.	.	— 7,0
Nieder Finail										
Hb . . .	— 1	— 8,3432	— 4,2419	+ 8,3432	+ 4,2419	.	.	.	.	— 5,7
T . . .	— 1	.	.	+ 2,9444	+ 2,1480	— 2,9444	— 2,1480	.	.	— 3,1
Ob II . .	— 1	.	.	+ 6,5723	— 2,1408	.	.	— 6,5723	+ 2,1408	— 16,1
Ihe . . .	— 1	.	.	+ 1,6635	— 6,1976	.	.	.	.	— 39,1
Kw . .	— 1	.	.	— 5,7553	— 5,4411	.	.	.	.	+ 6,2
Mg . . .	— 1	.	.	+ 3,6445	+ 0,1073	.	.	.	.	+ 14,3
T										
Hb . . .	— 1	+ 4,3863	+ 3,9323	.	.	— 4,3863	— 3,9323	.	.	+ 1,3
Nf . . .	— 1	.	.	+ 2,9444	+ 2,1480	— 2,9444	— 2,1480	.	.	— 15,0
Ob II . .	— 1	.	.	.	.	— 1,6920	— 4,1532	+ 1,6920	+ 4,1532	+ 18,6
Kw . . .	— 1	.	.	.	.	— 1,9593	— 1,5535	.	.	+ 1,5
Mg . . .	— 1	.	.	.	.	— 1,9899	— 5,8284	.	.	— 2,5
Im oberen Berg, Steinmann II										
Hb . . .	— 1	— 4,0386	+ 8,8940	.	.	.	.	+ 4,0386	— 8,8940	— 29,0
Nf . . .	— 1	.	.	+ 6,5723	— 2,1408	.	.	— 6,5723	+ 2,1408	— 26,8
T . . .	— 1	.	.	.	.	— 1,6920	— 4,1532	+ 1,6920	+ 4,1532	+ 4,0
Kw . . .	— 1	.	.	.	.	.	.	— 4,2199	— 0,7715	+ 18,1
Mg . . .	— 1	.	.	.	.	.	.	+ 6,3704	+ 2,4645	+ 33,9

dx Hb	dy Hb	dx Nf	dy Nf	dx T	dy T	dx Ob II	dy Ob II	l
Im hintern Eis. Gewicht ½								
+ 1,6587	+ 6,0159	.	.	.	.	.	.	+ 75,342
	+ 21,8192	.	.	.	.	.	.	+ 273,259
		+ 2,7672	— 10,3097	.	.	.	.	— 149,715
			+ 38,4102	.	.	.	.	+ 557,784
				.	.	.	.	.
					.	.	.	.
						.	.	.
							.	.
								+ 11522.25
Krahwand. Gewicht ½								
+ 12,3391	+ 8.9184	.	.	.	.	.	.	+ 82,8997
	+ 6,4460	.	.	.	.	.	.	+ 59,918
		+ 33,1238	+ 31,3157	.	.	.	.	+ 162,300
			+ 29,6060	.	.	.	.	+ 153,439
				+ 3,8387	+ 3,0437	.	.	+ 67,007
					+ 2,4133	.	.	+ 53,130
						+ 17,8075	+ 3,2558	+ 45,574
							+ 0,5953	+ 8,332
								+ 2638,49
Mittlere Guslarspitze. Gewicht ½								
+ 28,3060	— 6,3884	.	.	.	.	.	.	— 125,560
	+ 1,4418	.	.	.	.	.	.	+ 28,337
		+ 13,2825	+ 0,3909	.	.	.	.	— 115,167
			+ 0,0115	.	.	.	.	— 3,390
				+ 3.9595	— 11,5976	.	.	— 105,263
					+ 33,9700	.	.	+ 308,329
						+ 40,5820	+ 15,7000	+ 154,801
							+ 6,0739	+ 59,889
								+ 4944.50

dx Hb	dy Hb	dx Nf	dy Nf	dx T	dy T	dx Ob II	dy Ob II	l
			Hoch B. Gewicht 1					
+ 147,4015	+ 27,0311	— 70,4447	— 35,8161	— 18,7999	— 16,8538	— 15,9055	+ 35,0276	— 127,918
	+ 90,5563	— 10,8974	— 5,5404	— 30,1250	— 27,0067	+ 24,0630	— 52,9936	+ 72,722
		+ 58,0068	+ 29,4923	+ 6,0993	+ 5,4680	+ 5,6158	— 12,3674	+ 35,458
			+ 14,9945	+ 3,1011	+ 2,7801	+ 2,8553	— 6,2881	+ 18,028
				+ 16,0330	+ 14,3733	— 2,9524	+ 6,5020	— 11,185
					+ 12,8853	— 2,6468	+ 5,8289	— 10,027
						+ 13,5920	— 29,9326	+ 24,433
							+ 65,9202	— 53,808
								+ 714.405
			Nieder Finail. Gewicht 1					
+ 58,0075	+ 29,4925	— 45,3962	— 45,5173	— 4,0943	— 2,9869	— 9,1390	+ 2,9769	— 12,9320
	+ 14,9947	— 23,0806	— 23,1422	— 2,0816	— 1,5186	— 4,6465	+ 1,5135	— 6,5750
		+ 120.1136	+ 70,1762	— 0,1246	— 0,0909	— 24,1216	+ 7,8572	— 84,8658
			+ 68,3792	— 9,8983	— 7,2210	+ 6,0931	— 1,9847	+ 160,9584
				+ 7,2246	+ 5,2705	— 3,2252	+ 1,0506	— 12,2193
					+ 3,8449	— 2,3529	+ 0,7664	— 8,9142
						+ 35,9959	— 11.7250	+ 58,1648
							+ 3,8192	— 18,9461
								+ 1757,6750
			T. Gewicht 1					
+ 15,3917	+ 13,7986	— 2,5830	— 1,8844	— 11,3512	— 1,7949	— 1,4843	— 3,6434	+ 2,2809
	+ 12,3704	— 2,3157	— 1,6893	— 10,1763	— 1,6092	— 1,3307	— 3,2663	+ 2,0448
		+ 6,9356	+ 5,0597	— 3,3742	+ 4,0488	— 0,9964	— 2,4457	— 46,4626
			+ 3,6911	— 2,4616	+ 2,9537	— 0,7269	— 1,7842	— 33,8954
				+ 22,3990	— 9,6341	+ 0,1800	+ 0,4420	+ 6,0927
					+ 11,6491	— 1,0661	— 2,6170	— 24,1608
						+ 2,2903	+ 5,6218	+ 30,1512
							+ 13,7993	+ 74.0100
								+ 578.1080

Normalgleichungen.

dx Hb	dy Hb	dx Nf	dy Nf	dx T	dy T	dx Ob II	dy Ob II	l
Im oberen Berg, Steinmann II. Gewicht 1.								
+ 13,0482	— 28,7354	+ 5,3086	— 1,7292	— 1,3667	— 3,3546	— 15,2532	+ 35,1867	+ 117,2809
	+ 68,2826	— 11,6908	+ 3,8081	+ 3,0097	+ 7,3877	+ 33,5912	— 77,4898	— 258,2818
		+ 34,5561	— 11,2560	+ 2,2241	+ 5,4592	— 44,9155	+ 15,2622	— 176,4005
			+ 3,6664	— 0,7244	— 1,7782	+ 14,6304	— 4,9713	+ 57,4590
				+ 2,2903	+ 5,6218	— 2,4200	— 7,3341	— 6,7003
					+ 13,7993	— 5,9401	— 18,0025	— 16,4467
						+ 120,4153	— 23,7692	+ 205,3102
							+ 107,4398	+ 286,7841
								+ 3052,0520

Normalgleichungen.

dx Hb	dy Hb	dx Nf	dy Nf	dx T	dy T	dx Ob II	dy Ob II	l	Σ
+ 255,0008	+ 45,8598	— 113,1153	— 84,9470	— 35,6121	— 24,9902	— 41,7820	+ 69,5478	— 4,9473	— 65,0149
	+ 196,0575	— 47,9845	— 26,5638	— 39,3732	— 22,7468	+ 51,6770	— 132,2362	— 9,3328	— 15,3564
		+ 244,1988	+ 104,1707	+ 4,8246	+ 14,8851	— 64,4177	+ 8,3063	— 323,5619	+ 172,6942
			+ 142,7451	— 9,9832	— 3,2654	+ 22,8519	— 15,0283	+ 556,4665	— 686,4464
				+ 51,8460	+ 11,3546	— 8,4176	+ 0,6605	— 43,1399	+ 67,8405
					+ 60,3703	— 12,0059	— 14,0242	+ 121,1808	— 130,7581
						+ 201,4883	— 50,3271	+ 418,2467	— 517,3138
							+ 194,3131	+ 322,1505	— 383,3617
								+ 15654,8600	— 16691,9253

Endgleichungen.

+ 255,0008	+ 45,8598	— 113,1153	— 84,9470	— 35,6121	— 24,9902	— 41,7820	+ 69,5478	— 4,9473	
	+ 187,8100	— 27,6417	— 11,2868	— 32,9687	— 18,2525	+ 59,1911	— 144,7438	— 8,4431	
		+ 189,9540	+ 64,8280	— 15,8248	+ 1,1133	— 74,2400	+ 17,8536	— 326,9990	
			+ 91,6441	— 18,4271	— 13,0670	+ 37,8273	— 6,6520	+ 665,9102	
				+ 36,0617	+ 2,1257	— 2,4409	— 14,8857	+ 61,3415	
					+ 54,1524	— 4,3755	— 21,4512	+ 213,1244	
						+ 130,8393	+ 13,6690	+ 38,8050	
							+ 45,5611	+ 501,7533	

Verbesserungen.

1) $dx_{Hb} = +2{,}62$ dm 3) $dx_{Nf} = +6{,}33$ dm 5) $dx_{T} = -5{,}70$ dm 7) $dx_{ObII} = +0{,}85$ dm
2) $dy_{Hb} = -1{,}02$ dm 4) $dy_{Nf} = -10{,}74$ dm 6) $dy_{T} = -8{,}23$ dm 8) $dy_{ObII} = -11{,}01$ dm

$$\Sigma v^2 = 3772{,}47 \qquad n = 32 \qquad u = 12 \qquad n-u = 20$$

$$m = \sqrt{\frac{3772{,}47}{32-12}} = \sqrt{188{,}62} = \pm 13{,}7''$$

Gewichtskoeffizienten.

Sx_{Hb} . . . 1	Sx_{Nf} . . . 3	Sx_{T} . . . 5	Sx_{ObII} . . . 7
Sy_{Hb} . . . 2	Sy_{Nf} . . . 4	Sy_{T} . . . 6	Sy_{ObII} . . . 8

[1,1] = +0,010 100	[2,2] = +0,024 624	[3,3] = +0,009 521	[4,4] = +0,014 852
[1,2] = −0,007 228	[2,3] = −0,003 981	[3,4] = −0,006 378	[4,5] = +0,007 330
[1,3] = +0,004 335	[2,4] = +0,006 967	[3,5] = −0,000 994	[4,6] = +0,004 284
[1,4] = +0,000 245	[2,5] = +0,012 577	[3,6] = −0,002 312	[4,7] = −0,003 539
[1,5] = +0,001 987	[2,6] = +0,009 068	[3,7] = +0,004 472	[4,8] = +0,005 443
[1,6] = −0,001 148	[2,7] = −0,003 902	[3,8] = −0,004 166	
[1,7] = +0,003 342	[2,8] = +0,019 654		
[1,8] = −0,007 924			
[5,5] = +0,031 042	[6,6] = +0,021 815	[7,7] = +0,007 883	[8,8] = +0,021 949
[5,6] = +0,002 208	[6,7] = −0,000 2714	[7,8] = −0,002 293	
[5,7] = −0,000 397	[6,8] = +0,008 509		
[5,8] = +0,008 403			

Lebenslauf.

Ich wurde am 9. August 1884 zu Salzburg geboren als Sohn des Universitäts-Professors Max Gruber aus Graz. Ich bin evangelischer Konfession. Im Jahre 1886 übersiedelte meine Familie nach Wien, wo ich die Volksschule und bis zum Jahr 1902 das Gymnasium besuchte. Da meine Eltern im Jahr 1902 nach München übersiedelten, absolvierte ich das letzte Gymnasialjahr am Gymnasium zu Kremsmünster und bestand dort im Juli 1903 die Reifeprüfung. Vom 27. September 1903 bis 15. März 1904 arbeitete ich praktisch in der Lokomotivfabrik von Krauß & Comp. in München-Sendling und besuchte dann im Sommersemester 1904 die Maschineningenieur-Abteilung der Technischen Hochschule in München. Im Studienjahr 1904/05 studierte ich an der Universität Berlin Mathematik. Im Sommer 1905 beteiligte ich mich zum ersten Male an den von Professor Dr. Ad. Blümcke und Professor Dr. H. Heß im Auftrage des Deutschen

und Österreichischen Alpenvereins im Ötztal ausgeführten Vermessungsarbeiten und habe dies auch in jedem folgenden Sommer getan außer 1906, da ich vom 1. Oktober 1905 bis 30. September 1906 in Würzburg meiner Dienstpflicht als Einjährig-Freiwilliger genügte. Gleichzeitig war ich an der Universität Würzburg immatrikuliert. Vom 18. Oktober 1906 bis 25. Juli 1910 war ich an der Universität München immatrikuliert und studierte dort vorwiegend Mathematik, Astronomie, Geographie und nahm während drei Semestern am physikalischen Praktikum der Technischen Hochschule teil. Im Herbst 1907 legte ich den I. Teil, im Herbst 1909 den II. Teil der Lehramtsprüfung für Mathematik und Physik ab. Am 12. Januar 1911 wurde ich zum Leutnant der Reserve befördert.

Im Sommer 1907 und 1908 hatte ich die selbständige Vermessung des Hochjochferners im Ötztal mit Subvention des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins ausgeführt. Die Ausarbeitung beschäftigte mich in meiner freien Zeit während der letzten Jahre. Besonders war dies während des Jahres 1910 der Fall. Außerdem war ich in diesem Jahre als Hilfsrechner an der kgl. Sternwarte beschäftigt. Auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. Sommerfeld habe ich eine kleine experimentelle Untersuchung über das Gaußische Fehlergesetz an der Quincunx von Galton angestellt und die Arbeit in der Zeitschrift für Mathematik und Physik publiziert. Vom November 1910 bis Juli 1911 habe ich am pädagogisch-didaktischen Seminar teilgenommen. Im März 1911 habe ich geheiratet und bin seit 1. April 1911 Assistent am physikalischen Institut der Technischen Hochschule in München.

München, am 29. November 1911.

Otto Gruber.

Karte des Hochjochferners im Jahre 1907

Herausgegeben aus Mitteln der Eduard Richter-Stiftung
des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins
Aufgenommen von O. Gruber, W. Gruber, M. R. v. Srom, H. Suida.

Konstruktion u. Zeichnung v. Otto Gruber
Reproduktion v. Hubert Köhler München.

Maßstab 1:10000.

0 500 m 1 km

Aequidistanz 10 m.

Hauslabjoch 3283.6
Hauslabkogel
Finailspitze 3513.6
Finail- oder Kabelkopf
Finailjoch
Schwarzwand
Nieder Finail 3192.5
Krahwand 3251.7
Graue Wand
Salkogel 3225
Hoch B 2942.6
Kreuzferner
Steinm. I
Steinm. II
Steinm. III
Im obern Berg
Im hintern Eis
Gasthaus 1. sch. Aussicht
nach Kurzras

Mittlere Guslarspitze 2035.14 m.

T 3394.75 m

Zeichenerklärung:

- Punkt des trig. Netzes.
- pothenotisch best. Punkt.
- photogrammetrische Standpunkte.
- photogrammetrisch oder tachymetrisch best. Punkte.
- (55) aus d. Karte d. Hintereisferners übernommen.
- Stangensignal für Bewegungsmessungen.
- Steinlinie
- Steig oder Saumweg.
- Wasseransammlungen.
- ehemalige Gletschergrenze zur Zeit des letzten Hochstandes.
- Firngrenze
- Vegetationsdecke.

Verlag von GEBRUEDER BORNTRAEGER in Berlin